

HARGA OPSI TIPE EROPA MENGGUNAKAN SIMULASI MONTE CARLO STANDAR DAN TEKNIK ANTITHETIC VARIATES



SKRIPSI

***Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Sarjana Jurusan
Matematika Pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri
Alauddin Makassar***

Oleh:

ANISAH MARDIAH QUR'ANI
NIM. 60600113015

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR
2019**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan penuh kesadaran, yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya penyusun sendiri. Jika di kemudian hari terbukti bahwa ia merupakan duplikat, atau dibuat oleh orang lain sebagian atau seluruhnya, kecuali yang telah disebutkan dalam kutipan dan daftar pustaka, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Samata, Juli 2019

Penyusun,



Anisah Mardiah Qur'ani
NIM: 60600113015

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul "Harga Opsi Tipe Eropa Menggunakan Simulasi Monte Carlo Standar dan Teknik Antithetic Variates", yang disusun oleh Saudari **Anisah Mardiah Qur'ani**, NIM **0000113015** Mahasiswa Jurusan Matematika pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang *munaqasyah* yang diselenggarakan pada hari Senin tanggal **25 Maret 2019 M**, bertepatan dengan **18 Rajab 1440 H**, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat).

Makassar, 25 Maret 2019 M
18 Rajab 1440 H

DEWAN PENGUJI

Ketua	: Dr. Muh. Thahir Maloko, M.HI	(.....)
Sekretaris	: Rismawati Ibrus, S.Si., M.Si.	(.....)
Munaqisy I	: Sri Dewi Anugrawati, S.Pd., M.Si.	(.....)
Munaqisy II	: Dr. Rahmi Damis, M. Ag	(.....)
Pembimbing I	: Irwan, S.Si., M.Si.	(.....)
Pembimbing II	: Ilham Syata, S.Si., M.Si.	(.....)

Diketahui oleh:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar



Prof. Dr. H. Arifuddin Ahmad, M.Ag
NIM 0691205 199303 1 001

PERSEMBAHAN

Supersembahkan karya ini teruntuk

- *Rabb-ku, Allah swt., pemberi semangat dan harapan di balik keputusasaan-ku*
- *Kedua Orang Tuaku, terima kasih atas cinta, do'a, pengorbanan dan kasih sayang yang tulus*
- *Saudara-Saudaraku dan semua keluarga besarku yang telah memberikan do'a dan dukungan untukku*
- *Sahabat-Sahabatku Lurr, Akha, Fatma dan semua teman-teman Sigma 2013 yang selalu memberikan do'a, dukungan dan motivasi*
- *Dan Almamater kebanggaan-ku terkhusus Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*

MOTTO

Maka Sesungguhnya Beserta Kesulitan Ada Kemudahan

(Q.S. Al-Insyirah : 6)

Sukses adalah saat persiapan dan kesempatan bertemu

(Bobby Unser)

KATA PENGANTAR



Segala puji dan syukur bagi Allah swt. Tuhan semesta alam, atas segala nikmat berupa kesehatan serta rahmat-Nyalah sehingga penulisan skripsi yang berjudul **“Harga Opsi Tipe Eropa Menggunakan Simulasi Monte Carlo Standar Dan Teknik *Antithetic Variates*”** dapat terselesaikan. Salam dan shalawat senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Rasulullah saw. beserta para keluarga, sahabat dan para pengikutnya yang senantiasa istiqamah di jalan-Nya.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat) pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Untuk itu, penulis menyusun tugas akhir ini dengan mengerahkan semua ilmu yang telah diperoleh selama proses perkuliahan. Tidak sedikit hambatan dan tantangan yang penulis hadapi dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis tidak dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sendiri, melainkan berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segenap ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

Allah swt. yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan, Ayahanda tersayang Bayu Asmara Widayanto, Ak.CA, Ibunda tercinta Aida M. Siri, A.Md.Ft., serta ketiga saudaraku tersayang Masyithah Zatul ‘Azmi, Ahmad Siddiq Abdurrahman dan Hana Muthmainnah

Sajidah yang telah memberikan do'a dan selalu menjadi penyemangat penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Ucapan terima kasih yang tulus serta penghargaan yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Musafir Pababbari, M.Si., Rektor Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
2. Bapak Prof. Dr. H. Arifuddin Ahmad, M. Ag., Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, para wakil dekan, dosen pengajar beserta seluruh staf/pegawai atas bantuannya selama penulis mengikuti pendidikan di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
3. Bapak Irwan, S.Si., M.Si., Ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar dan Dosen Pembimbing I, atas bimbingan, saran dan motivasi yang diberikan.
4. Ibu Wahidah Alwi, S.Si., M.Si., Sekretaris Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
5. Bapak Ilham Syata, S.Si., M.Si., Dosen Pembimbing II, atas bimbingan, saran dan motivasi yang diberikan.
6. Ibu Sri Dewi Anugrawati, S.Pd., M.Sc., Dosen Penguji I, atas bimbingan dan sarannya dalam penulisan skripsi ini.
7. Ibu Dr. Rahmi Damis, M.Ag., Dosen Penguji II, atas bimbingan dan sarannya dalam penulisan skripsi ini.

8. Segenap Dosen Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
9. Segenap keluarga yang tidak pernah berhenti memberikan do'a dan motivasi secara moril maupun spiritual serta dukungan kepada penulis semasa kuliah hingga saat ini.
10. Sahabat-sahabat Peubah yang selalu setia membantu dan memberikan semangat juga motivasi.
11. Teman-teman seperjuangan Int3grAl dan SIGMA 2013, atas semua dukungan dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
12. Teman-teman KKN angkatan 54 Desa Lebangmanai Kec. Rumbia Kab. Jeneponto, atas semua dukungan dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
13. Semua pihak terkait yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini sangat diharapkan. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi kita semua dan terutama pengembangan ilmu pengetahuan.

Samata, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Pernyataan Keaslian Skripsi	ii
Lembar Pengesahan	iii
Persembahan dan Motto.....	iv
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Simbol.....	xii
Daftar Lampiran	xiv
Abstrak.....	xv
BAB I Pendahuluan	1-7
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Batasan Masalah.....	6
F. Sistematika Penulisan	6
BAB II Tinjauan Pustaka	8-28
A. Investasi.....	8
B. Opsi	10
C. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Harga Opsi	12
D. Proses Stokastik	14
E. Gerak <i>Brownian</i>	15
F. Lemma Ito	15
G. Model <i>Black-Scholes</i>	16
H. Metode <i>Monte Carlo</i>	18
I. Estimasi <i>Return</i> , Variansi dan Volatilitas Harga Saham	21
J. Opsi Eropa Menggunakan Simulasi <i>Monte Carlo</i>	23
K. Selang Kepercayaan	26
L. Teknik <i>Antithetic Variates</i>	27
BAB III Metodologi Penelitian.....	30-32
A. Jenis Penelitian.....	30
B. Jenis dan Sumber Data	30
C. Waktu Penelitian	30

D. Variabel dan Definisi Operasional Variabel	30
E. Prosedur Penelitian.....	30
BAB IV Hasil dan Pembahasan	33-45
A. Hasil Penelitian	33
B. Pembahasan.....	45
BAB V Penutup	48
A. Kesimpulan	48
B. Saran.....	48
Daftar Pustaka	
Lampiran-Lampiran	
Biografi	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagan Alur Algoritma Simulasi Monte Carlo	25
-------------------	---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Harga Penutupan Saham Microsoft Corporation	33
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan <i>Return</i> Harga Saham.....	35
Tabel 4.3 Perhitungan Mencari Nilai Variansi	36
Tabel 4.4 Harga Opsi <i>Call</i> Saham Tipe Eropa	44
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Selang Kepercayaan 95%	45

DAFTAR SIMBOL

C	= Opsi <i>call</i> (Opsi beli)
P	= Opsi <i>put</i> (Opsi jual)
S_T	= Harga saham pada waktu T
S_0	= Harga saham awal
$S_{(t)}$	= Harga saham pada periode sekarang
$S_{(t-1)}$	= Harga saham pada periode sebelumnya
K	= Harga kesepakatan (<i>strike price</i>)
ΔS	= Perubahan harga saham dari waktu t
Δt	= Interval waktu
$Z \sim N(0,1)$	= Distribusi normal
τ	= Torsi
μ	= Ekspektasi <i>return</i>
t	= Waktu pergerakan harga saham
T	= Waktu jatuh tempo

$R_{(t)}$ = *Return* saham

var = Variansi

σ = Jarak antar fluktuasi naik/turun suatu saham (volatilitas)

$Cov(f_1, f_2)$ = Kovariansi antara variabel f_1 dan variabel f_2

n = Jumlah data saham

r = Tingkat suku bunga bebas risiko

e = 2,7182

M = Jumlah simulasi

SE = Standar error

C_i = Penaksir dari nilai opsi *call*

\bar{f} = Opsi *call* dengan menggunakan teknik *antithetic variates*

ω = Standar deviasi

$N(d_1)$ = Fungsi distribusi kumulatif dari d_1

$N(d_2)$ = Fungsi distribusi kumulatif dari d_2

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Harga Penutupan Saham Microsoft Corporation
Lampiran 2	Hasil Perhitungan Lengkap <i>Return</i> dan Variansi
Lampiran 3	Tabel Tingkat Suku Bunga Dunia
Lampiran 4	Program Menentukan Harga Opsi <i>Call</i> Tipe Eropa Menggunakan Model <i>Black-Scholes</i> , Simulasi <i>Monte Carlo</i> Standar dan Teknik <i>Antithetic Variates</i>

ABSTRAK

Nama : Anisah Mardiah Qur'ani
NIM : 60600113015
Jurusan : Matematika
Judul : Harga Opsi Tipe Eropa Menggunakan Simulasi Monte Carlo Standar Dan Teknik Antithetic Variates

Opsi *call* tipe Eropa merupakan suatu kontrak yang memberikan hak kepada pemegang kontrak untuk membeli suatu aset tertentu dengan harga dan periode waktu tertentu, yang waktu eksekusi pada saat jatuh tempo. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan hasil simulasi harga saham untuk menentukan harga opsi *call* tipe Eropa dari metode *Monte Carlo* standar dan teknik *antithetic variates* dengan menggunakan *software R-Studio*. Hasil dari simulasi kedua metode tersebut akan mendekati harga opsi dari solusi analitik. Solusi analitik dalam penelitian ini menggunakan model *Black-Scholes* untuk memperoleh harga standar yang berfungsi untuk membandingkan kedua metode tersebut. Pengaplikasian metode dalam penelitian ini menggunakan data harga penutupan saham (*closing price*) dari Microsoft Corporation pada tanggal 10 Oktober 2017 sampai dengan 10 Oktober 2018 sehingga diperoleh harga saham awal (S_0) = \$106.16, harga kesepakatan (K) = \$100.00, volatilitas (σ) = 0.23391447, dan tingkat suku bunga sebesar 2,25%. Harga opsi *call* tipe Eropa menggunakan model *Black-Scholes* sebagai tolak ukur yaitu sebesar \$14.20281. Pada simulasi *Monte Carlo* standar ke-1.000.000 menghasilkan harga opsi *call* konvergen pada \$14.69786 dengan standar error 0,019, sedangkan simulasi *Monte Carlo* dengan teknik *antithetic variates* ke-100.000 menghasilkan harga opsi *call* konvergen pada \$14.69801 dengan standar error 0,043. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi *Monte Carlo* dengan teknik *antithetic variates* lebih akurat karena menghasilkan nilai opsi lebih cepat menuju konvergen dengan standar *error* yang relatif lebih kecil.

Kata Kunci : Opsi Eropa, Monte Carlo, Monte Carlo-Antithetic Variates, Model *Black-Scholes*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Investasi merupakan salah satu bentuk penanaman modal dengan harapan untuk mendapatkan keuntungan di masa yang akan datang. Setiap individu maupun suatu perusahaan pada dasarnya memerlukan investasi agar dapat mempertahankan dan memperluas basis kekayaannya yang dapat digunakan sebagai keuntungan di masa yang akan datang.

Investasi dapat dilakukan dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Investasi jangka pendek dapat dilakukan dengan menabung di bank, deposito, dan lain sebagainya. Sedangkan investasi jangka panjang dapat dilakukan dengan investasi emas, tanah/bangunan, maupun melalui pasar modal. Pasar modal merupakan tempat jual beli berbagai macam instrument keuangan, yaitu saham, obligasi, reksadana, dan lain sebagainya. Salah satu instrument finansial yang telah banyak digunakan investor, yaitu saham. Saham merupakan salah satu bentuk instrumen finansial yang menunjukkan kepemilikan seseorang atau suatu badan terhadap suatu perusahaan dengan tujuan untuk mendapatkan keuntungan atas aset perusahaan tersebut berdasarkan jumlah saham yang dimiliki. Untuk itu perlu perhitungan yang baik. Dalam Al-Qur'an terdapat beberapa ayat tentang perhitungan, salah satunya yaitu QS. An-Nahl/16:18.

وَإِنْ تَعُدُّوا نِعْمَةَ اللَّهِ لَا تُحْصُوهَا ۚ إِنَّ اللَّهَ لَغَفُورٌ رَحِيمٌ ﴿١٨﴾

Terjemahnya :

“Dan jika kamu menghitung-hitung nikmat Allah, niscaya kamu tak dapat menentukan jumlahnya. Sesungguhnya Allah benar-benar Maha Pengampun lagi Maha Penyayang”¹

Ayat tersebut menunjukkan bahwa jika manusia berusaha menghitung nikmat yang dikaruniakan Allah swt, maka manusia tidak akan dapat melakukannya meskipun mereka membagi-bagi tugas karena nikmat yang dikaruniakan Allah swt begitu besar.²

Walaupun terdapat beberapa metode perhitungan harga opsi, akan tetapi yang paling tepat perhitungannya adalah Allah swt. Hal ini dipahami dalam QS. Ali Imran/3:199.

وَإِنَّ مِنْ أَهْلِ الْكِتَابِ لَمَنْ يُؤْمِنُ بِاللَّهِ وَمَا أُنْزِلَ إِلَيْكُمْ وَمَا أُنْزِلَ إِلَيْهِمْ خَشِعِينَ لِلَّهِ
لَا يَشْتَرُونَ بِعَايَتِ اللَّهِ ثَمَنًا قَلِيلًا ۖ أُولَٰئِكَ لَهُمْ أَجْرُهُمْ عِنْدَ رَبِّهِمْ ۚ إِنَّ اللَّهَ سَرِيعُ
الْحِسَابِ

Terjemahnya :

“Dan sesungguhnya di antara ahli kitab ada orang yang beriman kepada Allah dan kepada apa yang diturunkan kepada kamu dan yang diturunkan kepada mereka sedang mereka berendah hati kepada Allah dan mereka tidak menukarkan ayat-ayat Allah dengan harga yang sedikit. Mereka memperoleh pahala di sisi Tuhannya. Sesungguhnya Allah amat cepat perhitungannya”³

Ayat tersebut menunjukkan bahwa sebagian ahli kitab beriman kepada Allah swt dan apa yang diturunkan kepada Muhammad dan rasul-rasul sebelumnya. Mereka tunduk kepada Allah dan tidak menggantikan bukti-bukti nyata dengan kesenangan dunia, meskipun melimpah. Sebab pada hakikatnya semua itu sedikit.

¹ Departemen Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, h.269

² M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah Volume 6 Pesan, Kesan, dan Keserasian al-Qur'an*, (Jakarta : Penerbit Lentera Hati, 2009) h.552

³ Departemen Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, h.76

Bagi mereka balasan yang setimpal dari Allah swt di akhirat kelak. Sesungguhnya Allah sangat cepat perhitungan-Nya. Dia tidak pernah lemah lantaran menghitung dan membalas perbuatan mereka.⁴

Dalam dunia keuangan, terdapat suatu objek keuangan yang dianggap menguntungkan para investor yang disebut *financial derivative* dimana harganya bergantung pada pergerakan harga suatu *underlying asset*. Salah satu instrumen finansial yang dapat dikategorikan dalam kelompok *derivative* adalah opsi.

Opsi merupakan suatu kontrak yang memberikan hak kepada pemegang/investor untuk membeli/menjual aset pada periode waktu tertentu dan dengan harga tertentu. Opsi dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan periode waktu pelaksanaannya (*expiration date*), yaitu opsi tipe Eropa dan opsi tipe Amerika. Harga pelaksanaannya opsi tipe Eropa dapat digunakan pada saat jatuh tempo, sedangkan opsi tipe Amerika dapat digunakan setiap saat pada saat atau sebelum jatuh tempo.

Harga pelaksanaan opsi tipe Eropa lebih mudah diestimasi karena bergantung pada harga saham. Sedangkan opsi tipe Amerika lebih sulit diestimasi karena tidak hanya bergantung pada harga saham saja, tetapi juga bergantung pada nilai fluktuasi selama opsi berjalan.

Berdasarkan jenis hak yang diberikan, opsi dibedakan menjadi opsi beli (*call option*) dan opsi jual (*put option*). Opsi beli (*call option*) adalah opsi yang memberi hak kepada pemegangnya (*taker*) untuk membeli saham pada jumlah,

⁴ M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah Volume 2 Pesan, Kesan, dan Keserasian al-Qur'an* (Jakarta: Penerbit Lentera Hati, 2010) h.385

waktu, dan harga yang telah ditentukan. Sebaliknya, opsi jual (*put option*) adalah opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya (*taker*) untuk menjual saham pada jumlah, waktu, dan harga yang telah ditentukan.

Banyak metode yang bisa digunakan untuk menentukan harga opsi tipe Eropa, di antaranya metode binomial, model *Black Scholes*, simulasi *Monte Carlo*, dan lain sebagainya. Simulasi *Monte Carlo* merupakan salah satu metode pendekatan numerik yang dapat digunakan dalam memperkirakan suatu harga opsi, baik yang memiliki formula analitik maupun tidak memiliki formula analitik. Simulasi *Monte Carlo* memanfaatkan *strong law of large number* untuk menemukan solusi dari problem matematis yang sulit diselesaikan. *Strong law of large number* artinya semakin banyak variabel yang digunakan maka akan semakin baik pendekatan nilai eksaknya. Metode *Monte Carlo* dapat memberikan suatu interval kepercayaan yang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas nilai pendekatan harga opsi Eropa.

Adapun penelitian sebelumnya mengenai simulasi *Monte Carlo* yaitu Ni Nyoman Ayu Artanadi dkk (2017) yang meneliti tentang penentuan harga opsi beli tipe Asia dengan metode *Monte Carlo-Control Variate* diperoleh hasil bahwa metode *Control Variate* lebih akurat karena menghasilkan nilai error yang lebih kecil dibandingkan metode *Monte Carlo* standar, sehingga hasil simulasinya mendekati harga yang sebenarnya pada saat jatuh tempo (konvergen ke solusi analitik).⁵

⁵ Ni Nyoman Ayu Artanadi, dkk, *Penentuan Harga Opsi Beli Tipe Asia Dengan Metode Monte Carlo-Control Variate*, (Bali : 2017)⁴

Dalam menganalisis metode simulasi *Monte Carlo*, peningkatan jumlah sampel akan mengurangi variansi. Untuk meningkatkan keakuratan dan efisiensi dari simulasi *Monte Carlo*, diperlukan teknik reduksi variansi, yaitu teknik *antithetic variates*, *control variate*, *stratified sampling*, dan *importance sampling*. Pada penelitian ini, penulis menggunakan salah satu teknik reduksi variansi, yaitu teknik *antithetic variates* untuk menghitung harga opsi tipe Eropa. Teknik *antithetic variates* melibatkan perhitungan dua nilai derivatif sehingga akan mengurangi nilai standar deviasi dan membuat harga opsi menjadi lebih akurat dibandingkan metode *Monte Carlo* standar.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, penelitian ini akan dilakukan harga opsi tipe Eropa menggunakan simulasi *Monte Carlo* standar dan teknik *Antithetic Variates*.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah seberapa besarkah hasil dari harga opsi tipe Eropa menggunakan simulasi *Monte Carlo* standar dan teknik *antithetic variates*?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar hasil dari harga opsi tipe Eropa menggunakan simulasi *Monte Carlo* standar dan teknik *antithetic variates*.

D. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Bagi Penulis

Manfaat yang dapat diperoleh penulis dalam penelitian ini adalah sebagai wawasan di bidang ilmu keuangan khususnya dalam menentukan harga opsi tipe Eropa menggunakan simulasi *Monte Carlo* standar dan teknik *antithetic variates*.

2. Bagi Pembaca

Manfaat yang dapat diperoleh pembaca adalah sebagai bahan pustaka mengenai metode simulasi *Monte Carlo* menggunakan teknik reduksi variansi, khususnya teknik *antithetic variates* dalam perhitungan harga opsi.

3. Bagi Pelaku Pasar Modal

Manfaat yang dapat diperoleh pelaku pasar modal adalah sebagai pedoman dalam penentuan harga opsi saham.

E. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis memberikan batasan ruang lingkup permasalahan agar pembahasan penelitian lebih terarah, antara lain sebagai berikut :

1. Penentuan harga opsi saham dibatasi pada opsi *call* tipe Eropa
2. Teknik reduksi variansi menggunakan teknik *antithetic variates*
3. Program komputer yang digunakan adalah *Software R-Studio*

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar, sistematika penulisan karya tulis ini adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini menyajikan konsep-konsep yang menjadi landasan teori yang digunakan dalam penelitian. Teori ini diambil dari buku literatur, jurnal dan internet.

Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini berisi tentang metode penelitian yang meliputi jenis penelitian, waktu penelitian, jenis dan sumber data, variabel dan definisi operasional serta prosedur penelitian.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini menguraikan tentang penjelasan proses perhitungan harga opsi tipe Eropa menggunakan simulasi *Monte Carlo* standar dan teknik *antithetic variates*.

Bab V Penutup

Pada bab ini memberikan kesimpulan terkait hasil penelitian dan saran untuk perkembangan penelitian selanjutnya.

Daftar Pustaka

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Investasi

Investasi adalah sejumlah dana atau sumber daya lainnya yang dilakukan pada saat ini, dengan tujuan memperoleh sejumlah keuntungan di masa akan datang.⁶ Pihak-pihak yang melaksanakan kegiatan investasi disebut investor. Investor pada umumnya bisa digolongkan menjadi dua, yaitu investor individual (*individual/retail investors*) dan investor institusional (*institutional investors*). Investor individual terdiri dari individu-individu yang melaksanakan aktivitas investasi. Sedangkan investor institusional biasanya terdiri dari perusahaan-perusahaan asuransi, lembaga penyimpanan dana (bank dan lembaga simpan pinjam), lembaga dana pensiun maupun perusahaan investasi.

Tujuan investasi adalah untuk meningkatkan kesejahteraan investor dalam hal kesejahteraan moneter. Sumber dana untuk investasi bisa berasal dari aset-aset yang dimiliki saat ini, pinjaman dari pihak lain, ataupun dari tabungan.⁷ Adapun tipe-tipe investasi dapat berupa investasi langsung dan investasi tidak langsung.

1. Investasi langsung

Investasi langsung dilakukan dengan membeli langsung instrumen keuangan dari suatu perusahaan, baik melalui perantara atau dengan cara yang lain. Investasi langsung dapat dilakukan dengan membeli instrumen keuangan

⁶ Dr. Musdalifah Azis, S.E., M.Si., dkk, *Manajemen Investasi Fundamental, Teknikal, Perilaku Investor dan Return Saham* (Yogyakarta : Deepublish, 2015) h.234-235

⁷ Prof. Dr. Eduardus Tandelilin, MBA., CWM, *Portofolio dan Investasi Teori dan Aplikasi Edisi Pertama* (Yogyakarta : Kanisius, 2010) h.2-8

yang dapat diperjual-belikan di pasar uang (*money market*), pasar modal (*capital market*), atau pasar turunan (*derivative market*).

Jenis-jenis investasi langsung terbagi dua, yaitu sebagai berikut :

- a. Investasi langsung yang tidak dapat diperjual-belikan, berupa tabungan dan deposito
- b. Investasi langsung yang dapat diperjual-belikan, terdiri atas investasi langsung di pasar uang (berupa deposito yang dapat dinegosiasi), investasi langsung di pasar modal (berupa surat-surat berharga pendapatan tetap dan saham-saham) dan investasi langsung di pasar turunan (berupa opsi dan *futures contract*).

2. Investasi tidak langsung

Investasi tidak langsung dilaksanakan dengan membeli surat-surat berharga dari perusahaan investasi. Perusahaan investasi adalah perusahaan yang memfasilitasi jasa keuangan dengan cara menjual sahamnya ke publik dan memanfaatkan dana yang diperoleh untuk diinvestasikan ke dalam portofolionya. Investasi tidak langsung ini menarik bagi investor paling tidak karena dua alasan utama, yaitu sebagai berikut.⁸

- a. Investor dengan modal kecil dapat menikmati keuntungan karena pembentukan portofolio. Apabila investor ini harus menerbitkan portofolio sendiri, maka dia harus membeli beberapa saham dalam jumlah yang cukup besar nilainya. Investor yang tidak memiliki dana

⁸ Prof. Dr. Jogyanto Hartono, M.B.A., Ak., *Teori Portofolio dan Analisis Investasi Edisi Keenam* (Yogyakarta : BPFE, 2009) h.6-10

cukup untuk membentuk portofolio sendiri bisa membeli saham yang ditawarkan oleh perusahaan investasi ini.

- b. Membentuk portofolio membutuhkan pengetahuan dan pengalaman yang mendalam. Investor awam yang kurang memiliki pengetahuan dan pengalaman tidak akan bisa menciptakan portofolio yang optimal, tetapi bisa membeli saham yang ditawarkan oleh perusahaan investasi yang telah membentuk portofolio optimal.

B. Opsi

Opsi (*option*) merupakan kontrak yang memberikan hak kepada pemilik atau pemegangnya untuk membeli atau menjual sejumlah tertentu saham opsi (*optioned stock*) suatu perusahaan tertentu dengan harga tertentu dalam waktu atau tanggal jatuh tempo tertentu (*expiration date*).

Berdasarkan periode waktu penggunaannya, opsi dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Opsi tipe Eropa (*European Option*), adalah opsi yang dapat digunakan hanya pada saat tanggal jatuh tempo.
2. Opsi tipe Amerika (*American Option*), adalah opsi yang dapat digunakan sebelum tanggal jatuh tempo atau pada saat tanggal jatuh tempo.

Berdasarkan jenis hak yang diberikan kepada pemegangnya, opsi dibedakan menjadi dua, yaitu : ⁹

⁹ Drs. Abdul Halim, MM., Ak., *Analisis Investasi* (Malang : Salemba Empat, 2005) h.108-

1. Opsi beli (*call option*)

Opsi beli adalah opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk membeli sejumlah tertentu saham suatu perusahaan tertentu dari penerbit opsi pada harga tertentu setiap waktu sampai pada suatu tanggal tertentu (tanggal jatuh tempo). Pada dasarnya ada empat hal penting yang perlu diperhatikan dalam kontrak opsi beli, yaitu perusahaan yang sahamnya akan dibeli, jumlah saham yang dapat dibeli, harga pembelian atau harga penyerahan saham tersebut (*exercise price*), dan tanggal berakhirnya hak membeli (tanggal jatuh tempo).

Secara sistematis, harga opsi beli dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$C = \max(S_T - K, 0) \quad (2.1)$$

Keterangan :

S_T = Harga saham pada waktu T

K = Harga kesepakatan (*strike price*)

2. Opsi jual (*put option*)

Opsi jual adalah opsi yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk menjual sejumlah tertentu saham suatu perusahaan tertentu kepada penerbit opsi pada harga tertentu setiap waktu sampai pada suatu tanggal tertentu (tanggal jatuh tempo). Pada dasarnya ada empat hal penting yang perlu diperhatikan dalam kontrak opsi jual, yaitu perusahaan yang sahamnya akan dijual, jumlah

saham yang dapat dijual, harga penjualan atau harga penyerahan saham tersebut (*exercise price*), dan tanggal berakhirnya hak menjual (tanggal jatuh tempo).

Secara sistematis, harga opsi jual dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = \max(K - S_T, 0) \quad (2.2)$$

Keterangan :

S_T = Harga saham pada waktu T

K = Harga kesepakatan (*strike price*)

C. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Harga Opsi

Harga opsi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu harga saham awal, harga kesepakatan, tingkat suku bunga, waktu jatuh tempo dan volatilitas harga saham.¹⁰

1. Harga saham awal (S_0)

Jika saham memiliki hubungan yang searah dengan harga opsi beli, artinya jika harga saham awal naik maka harga saham opsi beli akan meningkat. Sedangkan kaitannya dengan opsi jual harga saham memiliki hubungan terbalik. Jika harga saham awal naik maka harga opsi jual akan turun karena nilai intrinsiknya menurun.

2. Harga kesepakatan (K)

Harga kesepakatan sebuah opsi besarnya akan tetap selama umur opsi tersebut, jika semua faktor lainnya diasumsikan tetap. Semakin rendah harga kesepakatan (*strike price*), maka akan semakin tinggi harga opsi beli.

¹⁰ Suad Husnan, *Dasar-Dasar Teori Portofolio dan Analisis Sekuritas*, (Yogyakarta : UPP AMP YPKN, 1994), h.331

Sedangkan untuk opsi jual, jika semakin tinggi harga kesepakatan (*strike price*) maka akan semakin tinggi harga opsi jual tersebut.

3. Waktu jatuh tempo (T)

Setelah waktu jatuh tempo, maka sebuah opsi tidak mempunyai nilai apa-apa, sehingga jika semua faktor lain tetap, semakin lama waktu jatuh tempo sebuah opsi, maka akan semakin tinggi harga opsi tersebut. Jika waktu jatuh tempo sebuah opsi relatif pendek, maka akan sedikit waktu yang tersedia bagi investor untuk berspekulasi terhadap kenaikan atau penurunan harga saham.

4. Tingkat suku bunga (r)

Tingkat suku bunga bebas resiko merupakan tingkat suku bunga yang bebas resiko sama sekali. Pada tingkat suku bunga bebas resiko jangka pendek, investor akan semakin tertarik untuk membeli opsi beli (*call option*) daripada membeli saham. Hal ini menyebabkan harga opsi beli naik dan harga opsi jual turun.

5. Volatilitas harga saham (σ)

Volatilitas merupakan harga fluktuasi dari sebuah saham. Jika semua faktor lainnya dianggap tetap, semakin besar volatilitas harga saham yang diharapkan, maka harga opsi juga semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin besar volatilitas maka akan semakin besar probabilitas bahwa harga saham akan mengalami perubahan.

D. Proses Stokastik

Setiap variabel yang nilainya berubah seiring waktu dengan cara yang tidak pasti dikatakan mengikuti proses stokastik. Proses stokastik dapat diklasifikasikan sebagai waktu diskrit dan waktu kontinu. Proses stokastik diskrit adalah proses dimana nilai dari variabel hanya dapat diubah pada titik-titik tetap tertentu dalam periode waktu tertentu, sedangkan proses stokastik kontinu adalah proses dimana perubahan bisa terjadi setiap saat. Proses stokastik juga dapat diklasifikasikan sebagai variabel kontinu dan variabel diskrit. Dalam proses variabel kontinu, variabel yang mendasari dapat mengambil nilai apapun dalam jarak tertentu. Sedangkan dalam proses variabel diskrit, hanya nilai-nilai tertentu yang mungkin.¹¹

Beberapa ilmuwan memberikan definisi tentang stokastik dengan bahasa yang berbeda. Kata ‘stokastik’ berasal dari bahasa Yunani (mengira, menduga) dan bermakna ‘acak’ atau ‘kesempatan, peluang’. Model stokastik memprediksikan himpunan dari pertimbangan hasil yang mungkin dari kemungkinannya atau peluangnya.¹² Sedangkan pendapat lain juga mengatakan bahwa proses stokastik dimana $X = \{X_t, t \in T\}$ adalah adalah sebuah kumpulan variabel random. Sering diinterpretasikan T adalah himpunan dari nilai dimana X_t dapat diambil untuk setiap t , maka T disebut *state space* atau ruang keadaan dari proses stokastik $\{X_t, t \geq 0\}$. Misalnya sistem ini diobservasi pada waktu $t = 1, 2, 3, \dots$ maka X_t adalah *state* atau keadaan dari sistem pada waktu t . Barisan dari variabel random $\{X_0, X_1, X_2, X_3, \dots\}$ disebut proses stokastik.¹³

¹¹ John C. Hull, *Option, Futures, and Other Derivatives Eight Edition* (Canada : Pearson Education International, 2012), h.263

¹² Howard Taylor M dan Samuel Karlin, *An Introduction to Stochastic Modelling (Third Edition)*, (California : Academic Press, 1988), h.2

¹³ Howard Taylor M dan Samuel Karlin, *An Introduction to Stochastic Modelling (Third Edition)*, (California : Academic Press, 1988), h.105

E. Gerak *Brownian*

Gerak *Brownian* adalah proses yang berasal dari ilmu fisika yang merupakan gambaran dari gerakan *Brownian*. Peristiwa ini dikenal setelah seorang berkebangsaan Inggris, yaitu ahli ilmu tumbuh-tumbuhan, Robert Brown menemukan proses tersebut. Gerakan ini dibuktikan oleh sebuah partikel kecil dengan cara mencelupkan cairan atau gas. Sejak penemuan itu, proses ini banyak digunakan atau sangat baik dimanfaatkan pada uji statistik, dan model perilaku harga saham pun mengikuti gerakan *Brownian*. Sifat-sifat dari gerakan *Brownian*, yaitu sebagai berikut:¹⁴

1. $Z(0) = 0$
2. $Z(t), t \geq 0$ adalah fungsi kontinu f atau kenaikannya independen
3. Untuk $t > 0$, $Z(t)$ adalah berdistribusi normal dengan rata-rata 0 dan variansi $\sigma^2 t$.

F. Lemma Ito

Proses Lemma Ito adalah suatu proses dimana parameter a dan b adalah fungsi dari nilai variabel yang mendasari x dan waktu t .¹⁵ Sebuah proses Lemma Ito dapat ditulis secara aljabar sebagai berikut :

$$dx = a(x, t)dt + b(x, t)dz \quad (2.3)$$

dimana dz adalah sebuah proses *Wiener*, a dan b adalah fungsi dari x dan t . Variabel x memiliki tingkat *drift* dan variansi. Kedua tingkat *drift* yang diharapkan

¹⁴ Sheldon M. Ross, *Stochastic Processes* (USA : John Wiley & Sons, Inc, 1996), h.163-168

¹⁵ John C. Hull, *Option, Futures, and Other Derivatives Eight Edition*, (Canada : Pearson Education International, 2012), h.269

dan variansi dari proses Lemma Ito bertanggung jawab terhadap perubahan dari waktu ke waktu. Hubungan ini melibatkan pendekatan kecil yang mengasumsikan bahwa tingkat rata-rata dan variansi x tetap konstan.

Harga suatu opsi saham merupakan fungsi dari harga saham yang mendasarinya dan waktu. Secara umum, investor dapat mengatakan bahwa harga setiap derivatif merupakan fungsi dari variabel stokastik yang mendasari derivatif dan waktu. Lemma Ito ditemukan oleh ahli matematika K. Ito pada tahun 1951 dan dikenal sebagai *Ito's Lemma*.

Misal f adalah harga sebuah opsi yang tergantung pada x , maka nilai f akan merupakan fungsi dari x dan t , yang memenuhi $dx_t = \sigma_t dz_t + \mu_t dt$ dan f adalah fungsi kontinu yang terdiferensialkan dua kali, maka $f_t = f(x_t)$ juga proses stokastik dan berlaku :¹⁶

$$df_t = \left[\mu f'(x_t) + \frac{1}{2} \sigma^2 f''(x_t) \right] dt + [\sigma_t f'(x_t)] dz_t \quad (2.4)$$

G. Model *Black-Scholes*

Salah satu solusi analitik dalam perhitungan harga opsi adalah model *Black-Scholes*. Model *Black-Scholes* merupakan metode yang digunakan untuk menentukan harga opsi yang telah banyak diterima oleh masyarakat keuangan. Metode ini dikembangkan oleh Fischer Black dan Myron Scholes.

Metode ini penggunaannya terbatas karena hanya dapat digunakan pada penentuan harga opsi tipe Eropa (*European option*) yang dijalankan pada waktu *expiration date* saja. Metode ini tidak berlaku untuk opsi tipe Amerika (*American*

¹⁶ Zainal Arifin, *Teori Keuangan dan Pasar Modal Edisi Pertama* (Yogyakarta : Ekonisia, 2005), h.191

option), karena opsi tipe Amerika dapat dijalankan setiap saat sampai waktu *expiration date*.

Model *Black-Scholes* menggunakan beberapa asumsi, yaitu opsi yang digunakan adalah opsi tipe Eropa (*European option*), variansi harga saham bersifat konstan selama usia opsi dan diketahui secara pasti, suku bunga bebas risiko, dan saham yang digunakan tidak memberikan dividen.

Adapun persamaan *Black-Scholes* untuk menghitung harga opsi *call* tipe Eropa adalah sebagai berikut :¹⁷

$$C = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2) \quad (2.5)$$

dengan,

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (2.6)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (2.7)$$

Dari Persamaan (2.7) diperoleh persamaan berikut:

$$\begin{aligned} d_2 &= \left(\frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \right) - \sigma\sqrt{T} \\ &= \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + rT + \frac{1}{2}\sigma^2 T - \sigma^2 T}{\sigma\sqrt{T}} \\ d_2 &= \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \end{aligned} \quad (2.8)$$

dimana :

C = Harga opsi *call* Eropa

S_0 = Harga saham awal

¹⁷ Ali Ikhwan Wahyu Dilli Yanto, *Penentuan Harga Opsi Tipe Eropa dengan Menggunakan Model Black-Scholes*, (Malang : Jurnal, 2015), h.10

K = Harga kesepakatan (*strike price*)

$N(d_1)$ = Fungsi distribusi normal kumulatif

$N(d_2)$ = Fungsi distribusi normal kumulatif

T = Waktu jatuh tempo

r = Tingkat suku bunga bebas risiko

σ = Volatilitas harga saham

σ^2 = Variansi

H. Metode *Monte Carlo*

Metode *Monte Carlo* pertama kali ditemukan oleh Enrico Fermi pada tahun 1930-an. Metode ini diawali dengan adanya pemeriksaan radiasi dan jarak terhadap beberapa material yang akan dilewati oleh neutron. Dalam metode *Monte Carlo* dilakukan proses pengulangan dan pengacakan. Pada tahun 1977, Boyle memperkenalkan penggunaan metode *Monte Carlo* dalam menentukan harga opsi.

Metode *Monte Carlo* dikenal dengan istilah *sampling simulation* atau *Monte Carlo Sampling Technique*. Metode ini menggunakan data sampling yang telah ada (*historical data*) dan telah diketahui distribusi datanya. Metode *Monte Carlo* memanfaatkan *strong law of large number* dalam melakukan perhitungan, artinya semakin banyak variabel acak yang digunakan, maka akan semakin baik pula pendekatan nilai eksaknya.

Penentuan harga opsi dalam metode *Monte Carlo* dipengaruhi oleh harga saham dalam keadaan risiko netral ($\mu = r$). Dalam penggunaan metode *Monte Carlo*, harga saham yang digunakan adalah harga saham yang mengikuti model

geometric Brownian motion. Model *geometric Brownian motion* dalam keadaan risiko netral adalah sebagai berikut :

$$dS = \mu \cdot S \cdot dt + \sigma \cdot S \cdot dz \quad (2.9)$$

dimana dz merupakan suatu *Wiener process*, μ adalah ekspektasi pengembalian dan σ adalah volatilitas dari aset.

Untuk melakukan simulasi jalur pergerakan harga saham S , Persamaan (2.9) dapat dipandang sebagai notasi limit dari ΔS . Persamaan (2.9) juga dapat dinyatakan sebagai limit dari persamaan berikut :

$$\Delta S = \mu \cdot S \cdot \Delta t + \sigma \cdot S \cdot Z \cdot \sqrt{\Delta t} \quad (2.10)$$

dimana Δt merupakan panjang interval dalam periode, yang merupakan hasil bagi dari waktu berlaku opsi (T) menjadi N buah interval. Dalam Persamaan (2.10), ΔS dapat dipandang sebagai perubahan harga saham dari waktu t . Jadi, Persamaan (2.10) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$S(t + \Delta t) - S(t) = \mu(S(t))\Delta t + \sigma(S(t)) \cdot Z \cdot \sqrt{\Delta t} \quad (2.11)$$

dengan Z berdistribusi normal baku ($Z \sim N(0,1)$). Berdasarkan Persamaan (2.11), harga saham pada waktu Δt dapat dihitung berdasarkan harga saham awal, harga saham pada waktu $2\Delta t$ dapat dihitung berdasarkan harga saham pada waktu Δt , dan seterusnya. Sehingga, untuk mendapatkan harga saham pada waktu T dibutuhkan suatu konstruksi jalur dari N buah sampel acak yang berdistribusi normal baku.

Simulasi pergerakan harga saham akan memberikan hasil yang lebih akurat apabila menggunakan nilai lognormal (\ln) daripada harga saham S . Pergerakan lognormal dari harga saham dalam keadaan risiko netral dapat ditransformasikan dengan menggunakan Lemma Ito sebagai berikut :

$$d(\ln S) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) dt + \sigma dz \quad (2.12)$$

Persamaan (2.12) merupakan notasi limit dari persamaan berikut :

$$\Delta(\ln S) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t + \sigma Z \sqrt{\Delta t} \quad (2.13)$$

Dalam Persamaan (2.13), $d(\ln S)$ dapat dipandang sebagai perubahan nilai lognormal dari harga saham pada waktu t hingga $t + \Delta t$. Sehingga Persamaan (2.13) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\ln S(t + \Delta t) - \ln S(t) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t + \sigma Z \sqrt{\Delta t} \quad (2.14)$$

Dari Persamaan (2.14) akan diperoleh Persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \ln \left(\frac{S(t+\Delta t)}{S(t)} \right) &= \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t + \sigma Z \sqrt{\Delta t} \\ \frac{S(t+\Delta t)}{S(t)} &= \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t + \sigma Z \sqrt{\Delta t} \right] \\ S(t + \Delta t) &= S(t) \cdot \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t + \sigma Z \sqrt{\Delta t} \right] \end{aligned} \quad (2.15)$$

Persamaan (2.15) menyatakan bahwa apabila harga saham pada suatu waktu (t) telah diketahui, maka harga saham pada waktu berikutnya ($t + \Delta t$) dapat ditentukan. Sehingga, penentuan harga saham dilakukan berdasarkan harga saham sebelumnya. Pada Persamaan (2.15), harga saham pada waktu t dapat dinyatakan sebagai harga saham ke- i dan harga saham pada waktu $t + \Delta t$ dapat dinyatakan sebagai harga saham ke- $i + 1$, dengan $i = 0, 1, 2, \dots$. Sehingga Persamaan (2.15) dapat dinyatakan pula sebagai :

$$S(t_{i+1}) = S(t_i) \cdot \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \Delta t + \sigma Z \sqrt{\Delta t} \right]; i = 0, 1, 2, \dots \quad (2.16)$$

Selain melakukan perhitungan harga saham berdasarkan harga saham sebelumnya, perhitungan harga saham juga dapat dilakukan berdasarkan harga

saham awal. Untuk melakukan perhitungan harga saham pada waktu T berdasarkan harga saham awal, pada Persamaan (2.14) substitusikan $t = 0$ dan $\Delta t = T$. Sehingga berdasarkan Persamaan (2.14) akan diperoleh persamaan berikut :

$$\ln(S_t) - \ln(S_0) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma Z\sqrt{T} \quad (2.17)$$

Dari Persamaan (2.17) akan diperoleh persamaan berikut :¹⁸

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{S_t}{S_0}\right) &= \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma Z\sqrt{T} \\ \frac{S_t}{S_0} &= \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma Z\sqrt{T}\right) \\ S_t &= S_0 \cdot \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma Z\sqrt{T}\right) \end{aligned} \quad (2.18)$$

I. Estimasi *Return*, Variansi dan Volatilitas Harga Saham

1. *Return* Saham

Return saham merupakan hasil yang diperoleh dari suatu investasi saham, berupa tingkat keuntungan yang ditandai dengan nilai *return* saham positif (*capital gain*) atau kerugian yang ditandai dengan nilai *return* saham negatif (*capital lost*).

Adapun persamaan untuk mencari nilai *return* saham adalah :

$$R_{(t)} = \frac{S_{(t)} - S_{(t-1)}}{S_{(t-1)}} \quad (2.19)$$

Keterangan :

$R_{(t)}$ = *Return* saham

$S_{(t)}$ = Harga saham pada periode sekarang

¹⁸ John C. Hull, *Option, Futures, and Other Derivatives Eight Edition*, (Canada : Pearson Education Internasional, 2012), h.447-448

$S_{(t-1)}$ = Harga saham pada periode sebelumnya

2. Variansi

Variansi adalah suatu ukuran penyebaran data yang digunakan untuk mengetahui seberapa jauh penyebaran data dari nilai ekspektasinya. Jika nilai variansi kecil, maka penyebaran data *return* saham mendekati ekspektasi *return*. Sebaliknya, jika nilai variansi besar, maka penyebaran data *return* sahamnya menjauhi nilai ekspektasi.

Adapun persamaan untuk mencari nilai variansi adalah sebagai berikut:

$$var = \frac{\sum_{i=0}^n (R_{(t)} - E(R_{(t)}))^2}{n-1} \quad (2.20)$$

dimana untuk menghitung nilai ekspektasi *return* (nilai yang diharapkan) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E(R_{(t)}) = \frac{\sum_{i=0}^n R_{(t_i)}}{n} \quad (2.21)$$

Keterangan :

n = Jumlah data saham

3. Volatilitas

Volatilitas adalah tingkat ketidakpastian yang terjadi dalam bursa saham yang akan memengaruhi harga opsi. Semakin besar nilai volatilitas dari suatu saham, maka semakin besar pula nilai opsinya. Menurut Schwert dan Smith (1992), terdapat lima jenis volatilitas dalam pasar keuangan, yaitu (1) *future volatility*, (2) *historical volatility*, (3) *forecast volatility*, (4) *implied volatility*, dan (5) *seasonal volatility*.

Volatilitas yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *historical volatility*. Metode estimasi volatilitas ini adalah dengan menghitung simpangan baku dari perubahan harga saham pada suatu selang waktu dari data historis harga saham. *Historical volatility* biasanya berhubungan dengan *underlying asset*.¹⁹ Adapun untuk mencari nilai volatilitasnya adalah sebagai berikut :²⁰

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\tau}} \sqrt{\text{var}} \quad (2.22)$$

dimana $\tau = \frac{1}{T}$ dengan T sebagai jumlah hari aktif perdagangan dalam satu tahun, yaitu 252 hari. Sehingga nilai τ sebesar $\frac{1}{252}$.

J. Opsi Eropa Menggunakan Simulasi *Monte Carlo*

Secara numerik, simulasi *Monte Carlo* memerlukan perhitungan nilai opsi *call* yang diharapkan dari opsi *call* tipe Eropa pada saat jatuh tempo dan dikalikan dengan bilangan eksponen dengan bunga yang diberlakukan. Nilai opsi *call* tipe Eropa (C) kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$C = e^{-rT} \max(S(T) - K, 0) \quad (2.23)$$

dan nilai opsi put Eropa (P) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P = e^{-rT} \max(K - S(T), 0) \quad (2.24)$$

Setelah melakukan simulasi, nilai opsi *call* yang diharapkan diperoleh dengan menghitung rata-rata dari penaksir nilai opsi *call* yang dihasilkan. Misalkan C_i menyatakan penaksir dari nilai opsi *call* yang diperoleh dalam simulasi dan M adalah banyaknya simulasi, maka nilai opsi *call* yang diharapkan, yaitu :

¹⁹ Nur Atiqotul Zulfa, *Analisis Estimasi Volatilitas Indeks Harga Saham Menggunakan Harga Tertinggi, Terendah, Pembukaan dan Penutupan*, (Semarang : Skripsi, 2015) h.36-37

²⁰ John C. Hull, *Option, Futures, and Other Derivatives Eight Edition*, (Canada : Pearson Education International, 2012), h.283-284

$$\begin{aligned}
C &= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M C_i \\
C &= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M e^{-rT} \max(S(T) - K, 0) \\
C &= e^{-rT} \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \max(S(T) - K, 0)
\end{aligned} \tag{2.25}$$

dan variansi opsi *call* dihitung dengan :

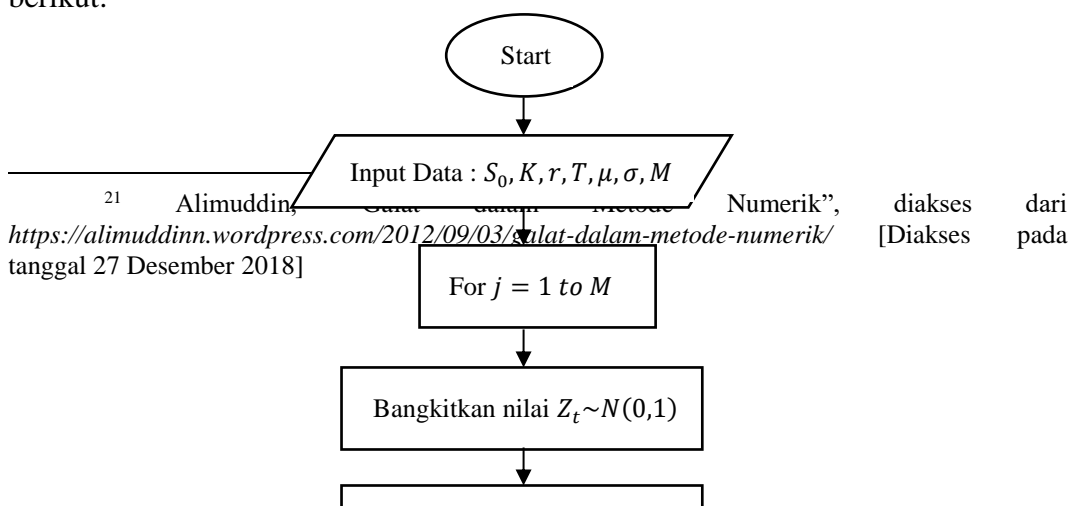
$$\sigma_C^2 = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (C_i - C)^2 \tag{2.26}$$

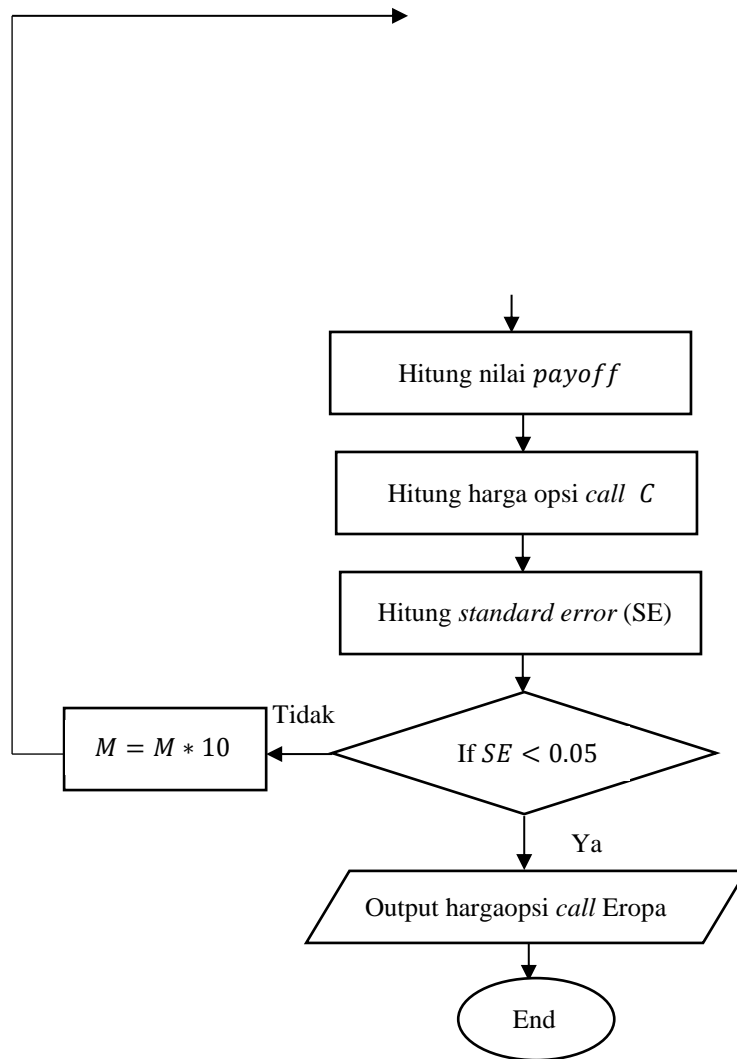
Dalam metode numerik, galat atau biasa disebut *error* adalah selisih yang ditimbulkan antara nilai sebenarnya dengan nilai yang dihasilkan dengan metode numerik. Dalam metode numerik, hasil yang diperoleh bukanlah hasil yang sama persis dengan nilai standar. Akan selalu ada selisih, karena hasil yang didapat dengan metode numerik merupakan hasil yang diperoleh dengan proses iterasi (*looping*) untuk menghampiri nilai sebenarnya. Walaupun demikian, bukan berarti hasil yang didapat dengan metode numerik salah, karena galat tersebut dapat ditekan sekecil mungkin sehingga hasil yang diperoleh sangat mendekati nilai sebenarnya atau bias dikatakan galatnya mendekati nol.²¹

Pada simulasi Monte Carlo, jika ω adalah standar deviasi dan M adalah banyaknya simulasi, maka galat yang dihasilkan dari harga opsi *call*, yaitu :

$$SE = \frac{\omega}{\sqrt{M}} \tag{2.27}$$

Adapun bagan alur untuk algoritma simulasi Monte Carlo adalah sebagai berikut:





Gambar 2.1 Bagan Alur Algoritma Simulasi Monte Carlo

K. Selang Kepercayaan

Dalam statistik, selang kepercayaan (interval kepercayaan) adalah sebuah interval antara dua angka, dimana dipercaya nilai parameter sebuah populasi

terletak di dalam interval tersebut.²² Selang kepercayaan didasarkan pada gagasan yang berasal dari teorema batas sentral (*central limit theorem*). Gagasan pokok yang berasal dari teorema tersebut ialah apabila suatu populasi secara berulang-ulang ditarik sampel, maka nilai rata-rata atribut yang diperoleh dari sampel-sampel tersebut sejajar dengan nilai populasi yang sebenarnya.²³

Dalam praktik sehari-hari, selang kepercayaan berkisar antara 99% yang tertinggi dan 90% yang terendah. Namun biasanya, kebanyakan selang kepercayaan dinyatakan dalam 95%.

Jika $\bar{\mu}$ adalah perkiraan simulasi dari nilai turunannya dan ω adalah standar deviasi, maka selang kepercayaan $100(1 - \alpha)\%$ pada simulasi *Monte Carlo* dapat dinotasikan sebagai berikut :

$$\bar{\mu} - \frac{Z_{\alpha/2} \cdot \omega}{\sqrt{M}} < f < \bar{\mu} + \frac{Z_{\alpha/2} \cdot \omega}{\sqrt{M}} \quad (2.28)$$

Jika selang kepercayaan dinyatakan dalam 95%, maka selang kepercayaan 95% untuk nilai derivatifnya yaitu sebagai berikut :

$$\bar{\mu} - \frac{1.96\omega}{\sqrt{M}} < f < \bar{\mu} + \frac{1.96\omega}{\sqrt{M}} \quad (2.29)$$

Ini menunjukkan bahwa ketidakpastian tentang nilai derivatif berbanding terbalik dengan akar kuadrat dari banyaknya simulasi.²⁴

L. Teknik *Antithetic Variates*

²² Wikipedia, “Selang Kepercayaan”, diakses dari http://id.wikipedia.org/wiki/Selang_kepercayaan [Diakses pada tanggal 10 Januari 2019]

²³ Okta Lasandi, “Pendugaan Parameter”, diakses dari <http://okta-lasandi.blogspot.com/2012/10/pendugaan-parameter.html> [Diakses pada tanggal 10 Januari 2019]

²⁴ John C. Hull, *Option, Futures and Other Derivatives Eight Edition*, (Canada : Pearson Education International, 2012), h.422-423

Secara umum, perhitungan harga opsi dengan menggunakan simulasi Monte Carlo cenderung lambat menuju konvergen dengan galat yang relatif besar, karena itu pada penulisan ini akan digunakan teknik *antithetic variates* yang merupakan salah satu teknik reduksi variansi dalam simulasi Monte Carlo yang dapat memperkecil galat yang dihasilkan.

Untuk meningkatkan efisiensi metode *Monte Carlo* dari sisi variansi, dapat diterapkan teknik reduksi variansi. Salah satu teknik reduksi variansi yang digunakan adalah teknik *antithetic variates*. Teknik *antithetic variates* menggunakan $\frac{n}{2}$ peubah acak dengan melibatkan perhitungan dua nilai derivatif. Nilai f_1 dihitung menggunakan peubah acak Z , sedangkan f_2 dihitung menggunakan peubah acak $-Z$. Berdasarkan Persamaan (2.18), nilai $S_{T(1)}$ dan $S_{T(2)}$ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$S_{T(1)} = S_0 \cdot \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma Z\sqrt{T}\right) \quad (2.30)$$

$$S_{T(2)} = S_0 \cdot \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T - \sigma Z\sqrt{T}\right) \quad (2.31)$$

Inputan acak akan lebih bisa digunakan yang diperoleh dari kumpulan pasangan *antithetic* $(Z, -Z)$ karena lebih terdistribusi secara teratur daripada kumpulan dari sampel bebas $2N$. Berdasarkan Persamaan (2.30) dan Persamaan (2.31), nilai \bar{f} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\bar{f} = \frac{f_1 + f_2}{2} \quad (2.32)$$

dimana :

$$f_1 = e^{-rT} \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \max(S_{(T_1)} - K, 0) \quad (2.33)$$

$$f_2 = e^{-rT} \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \max(S_{(T_2)} - K, 0) \quad (2.34)$$

Teknik *antitethic variates* ini bekerja dengan baik karena bila salah satu nilai berada di atas harga opsi aslinya, maka nilai lainnya akan berada di bawah harga opsi aslinya yang akan mengurangi standar deviasi sehingga membuat harga opsi menjadi lebih akurat.

Berdasarkan definisi variansi dari variabel random Z sebagai berikut :

$$var(Z) = E \left[(Z - E(Z))^2 \right] \quad (2.35)$$

maka, variansi dalam teknik *antithetic variates* dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} var(\bar{f}) &= var \left[\frac{1}{2} (f_1 + f_2) \right] \\ var(\bar{f}) &= \frac{1}{4} E \left[[(f_1 + f_2 - E(f_1 + f_2))]^2 \right] \\ &= \frac{1}{4} E \left[[(f_1 + f_2 - E(f_1) - E(f_2))]^2 \right] \\ &= \frac{1}{4} E \left[[(f_1 - E(f_1) + f_2 - E(f_2))]^2 \right] \\ &= \frac{1}{4} E \left[[f_1 - E(f_1)]^2 + [f_2 - E(f_2)]^2 + 2E[f_1 - E(f_1)][f_2 - E(f_2)] \right] \\ &= \frac{1}{4} \left[E[[f_1 - E(f_1)]^2] + E[[f_2 - E(f_2)]^2] + 2E[f_1 - E(f_1)][f_2 - E(f_2)] \right] \\ var(\bar{f}) &= \frac{1}{4} \left[var(f_1) + var(f_2) + 2E[f_1 - E(f_1)][f_2 - E(f_2)] \right] \end{aligned} \quad (2.36)$$

Kemudian, dengan menggunakan definisi kovariansi antara dua variabel random berikut :

$$cov(f_1, f_2) = E[f_1 - E(f_1)][f_2 - E(f_2)] \quad (2.37)$$

Sehingga persamaan variansi dalam teknik *antithetic variates* dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} var(\bar{f}) &= \frac{1}{4} [var(f_1) + var(f_2) + 2cov(f_1, f_2)] \\ var(\bar{f}) &= var\left[\frac{1}{2}(f_1 + f_2)\right] = \frac{1}{4} var[f_1] + \frac{1}{4} var[f_2] + \frac{1}{2} cov[f_1, f_2] \quad (2.38) \end{aligned}$$

Jika kovariansi $cov[f_1, f_2]$ antara f_1 dan f_2 adalah negatif, maka estimasi variansi dari teknik ini akan semakin mengecil daripada teknik biasa.

Jika $\bar{\omega}$ adalah standar deviasi dari \bar{f} , dan M adalah jumlah banyaknya uji coba simulasi, maka standar *error* dapat dirumuskan sebagai berikut : ²⁵

$$SE = \frac{\bar{\omega}}{\sqrt{M}} \quad (2.39)$$

Galat ini menghasilkan nilai error yang lebih kecil dibandingkan *Monte Carlo* standar, sehingga hasil simulasinya lebih cepat mendekati harga yang sebenarnya pada saat jatuh tempo.

²⁵ John C. Hull, *Option, Futures, and Derivatives Eight Edition*, (Canada : Pearson Education International, 2012), h.453

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian terapan (*applied research*).

B. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Sumber data yang digunakan pada penelitian ini berupa data harga saham yang tidak diperoleh secara langsung dari objek penelitian, melainkan diperoleh melalui website <http://www.finance.yahoo.com> pada perusahaan PT. Microsoft Corporation. dengan periode 10 Oktober 2017 – 11 Oktober 2018.

C. Waktu Penelitian

Waktu penelitian yang digunakan pada pelaksanaan penelitian ini dimulai pada bulan Oktober 2018 sampai Desember 2018

D. Variabel dan Definisi Operasional Variabel

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah harga saham penutupan (S_t). S_t adalah Harga saham setiap hari pada saat *close price* selama beberapa tahun pada saat hari kerja.

E. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengambil data historis harga saham harian *PT Microsoft Corporation* (*MSFT*) melalui <http://www.finance.yahoo.com>
2. Menentukan harga saham awal (S_0).

3. Menghitung volatilitas harga saham berdasarkan data yang ada dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - a. Menghitung nilai *return* saham untuk menganalisis apakah saham tersebut mengalami keuntungan atau kerugian.
 - b. Menghitung variansi dengan menggunakan nilai *return* yang telah diperoleh.
 - c. Menghitung volatilitas.
4. Menentukan nilai untuk parameter-parameter yang digunakan dalam menentukan harga opsi saham.
 - a. Menentukan nilai *time to maturity* (T).
 - b. Menentukan harga kesepakatan (*strike price*) (K).
 - c. Menentukan tingkat suku bunga bebas risiko (r).
5. Menghitung harga opsi *call* tipe Eropa menggunakan Simulasi Monte Carlo standar.
 - a. Mensimulasikan harga saham di tiap akhir selang waktu dari awal umur opsi sampai waktu jatuh tempo menggunakan nilai bilangan acak berdistribusi normal.
 - b. Menghitung nilai derivatif f setelah mendapat harga saham akhir.
 - c. Mengulangi langkah (a) dan (b) sebanyak M simulasi.
 - d. Menaksir nilai opsi dengan merata-ratakan f yang didapatkan dari setiap simulasi.
 - e. Menghitung harga opsi *call* tipe Eropa menggunakan simulasi Monte Carlo standar dengan menggunakan Persamaan (2.25).

- f. Menghitung selang kepercayaan dengan menggunakan Pertidaksamaan (2.29).
 - g. Menentukan keakuratan harga opsi yang diperoleh menggunakan simulasi Monte Carlo standar dengan menghitung nilai *error* (galat).
6. Menghitung harga opsi *call* tipe Eropa menggunakan Simulasi Monte Carlo dengan teknik *antithetic variates*.
- a. Mensimulasikan harga saham di tiap akhir selang waktu dari awal umur opsi sampai waktu jatuh tempo menggunakan nilai bilangan acak berdistribusi normal dalam bentuk $(Z, -Z)$.
 - b. Menghitung nilai derivatif f_1 dan f_2 setelah mendapat harga saham akhir.
 - c. Mengulangi langkah (a) dan (b) sebanyak M simulasi.
 - d. Menaksir nilai opsi dengan merata-ratakan f_1 yang didapatkan dari setiap simulasi.
 - e. Menaksir nilai opsi dengan merata-ratakan f_2 yang didapatkan dari setiap simulasi.
 - f. Menghitung harga opsi *call* tipe Eropa menggunakan teknik *antithetic variates* dengan menggunakan Persamaan (2.32).
 - g. Menghitung selang kepercayaan dengan menggunakan Pertidaksamaan (2.29).
 - h. Menentukan keakuratan harga opsi yang diperoleh menggunakan teknik *antithetic variates* dengan menghitung nilai *error* (galat).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Pengambilan dan pengolahan data untuk menentukan nilai variabel-variabel yang digunakan dalam menentukan harga opsi

a. Data harga saham

Penelitian ini menggunakan data harga saham Microsoft Corporation (MSFT) sebanyak 252 data. Data yang digunakan adalah data harga penutupan harian yang diperoleh dari situs *yahoo finance*. Adapun data harga saham penutupan harian dapat disajikan pada Tabel 4.1 di bawah ini, secara lengkap pada Lampiran 1.

Tabel 4.1 Harga Penutupan Saham Microsoft Corporation.

t	Tanggal	Harga Penutupan
0	10-Okt-17	\$76.29
1	11-Okt-17	\$76.42
2	12-Okt-17	\$77.12
.	.	.
.	.	.
.	.	.
250	08-Okt-18	\$110.85
251	09-Okt-18	\$112.26
252	10-Okt-18	\$106.16

Sumber : <http://www.finance.yahoo.com>

b. Harga saham awal

Sebelum dilakukan perhitungan nilai opsi, terlebih dahulu yang harus dilakukan yaitu menentukan harga saham awal yang akan dijadikan

harga saham acuan. Harga saham yang akan dijadikan acuan dalam perhitungan ini adalah harga saham *close* dengan nilai $S_0 = 106.16$.

c. *Return* harga saham

Jika t sebagai interval waktu pengamatan S_t sebagai harga saham pada waktu ke t , maka R_t sebagai *return* harga saham ke- t dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$R_t = \frac{S(t) - S(t-1)}{S(t-1)}$$

Berdasarkan harga saham pada Tabel 4.1 dilakukan perhitungan R_t sebagai berikut :

Untuk $t = 1$, maka :

$$R_{(1)} = \frac{76.42 - 76.29}{76.29} = 0.001703985$$

Untuk $t = 2$, maka :

$$R_{(2)} = \frac{77.12 - 76.42}{76.42} = 0.009159971$$

Untuk $t = 3$, maka :

$$R_{(3)} = \frac{77.49 - 77.12}{77.12} = 0.004797653$$

.

.

.

Untuk $t = 250$, maka :

$$R_{(250)} = \frac{110.85 - 112.13}{112.13} = -0.011415313$$

Untuk $t = 251$, maka :

$$R_{(251)} = \frac{112.26 - 110.85}{110.85} = 0.012719928$$

Untuk $t = 252$, maka :

$$R_{(252)} = \frac{106.16 - 112.26}{112.26} = -0.054338125$$

Adapun hasil dari perhitungan *return* harga saham dapat disajikan pada Tabel 4.2 di bawah ini, secara lengkap pada Lampiran 2.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan *return* harga saham

T	Harga Penutupan S(t)	<i>Return</i>
0	\$76.29	0
1	\$76.42	0.001703985
2	\$77.12	0.009159971
3	\$77.49	0.004797653
.	.	.
.	.	.
.	.	.
250	\$110.85	-0.011415313
251	\$112.26	0.012719928
252	\$106.16	-0.054338125

Sumber : Hasil perhitungan *return* harga saham

d. Ekspektasi *return*

Jika n adalah banyaknya data yang diamati, $R_{(t)}$ adalah *return* saham, dan $E(R_{(t)})$ adalah ekspektasi pengembalian (nilai yang diharapkan) dari $R_{(t)}$, maka ekspektasi pengembalian dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E(R_{(t)}) = \frac{\sum_{i=0}^n R_{(t_i)}}{n}$$

$$E(R_{(t)}) = \frac{0 + 0.001703985 + \dots + 0.012719928 + (-0.054338125)}{252}$$

$$= 0.001419928$$

e. Variansi

Apabila n adalah banyaknya data yang diamati, $R_{(t)}$ adalah *return* saham, dan var adalah variansi dari $R_{(t)}$ sehingga variansi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$var = \frac{\sum_{i=0}^n \left(R_{(t)} - E(R_{(t)}) \right)^2}{n - 1}$$

Hasil perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut, secara lengkap pada Lampiran 2.

Tabel 4.3 Perhitungan Mencari Nilai Variansi

Periode (t)	$R_{(t)}$	$\left(R_{(t)} - E(R_{(t)}) \right)^2$
0	0	0
1	0.001703985	8.06883E-08
2	0.009159971	5.99083E-05
.	.	.
.	.	.
.	.	.
250	-0.011415313	0.000164743
251	0.012719928	0.00012769
252	-0.054338125	0.00310896
Jumlah	0.357821945	0.054498851

Sumber : Hasil perhitungan mencari nilai variansi

Berdasarkan Tabel 4.3, diketahui jumlah n pengamatan adalah 252, sehingga S_t menggunakan interval $t = 0 - 252$. Oleh karena itu, variansi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$var = \frac{\sum_{i=0}^n \left(R_{(t)} - E(R_{(t)}) \right)^2}{n-1}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0.054498851}{252-1} \\
&= 0.0002171269
\end{aligned}$$

Jadi, nilai variansi adalah 0.0002171269.

f. Volatilitas harga saham

Apabila σ adalah volatilitas harga saham, τ diperoleh dari persamaan $\frac{1}{T}$, dimana T adalah jumlah hari perdagangan yang diamati, sehingga untuk menghitung volatilitas harga saham dapat digunakan rumus variansi sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{\tau}} \sqrt{var}$$

dimana $\tau = \frac{1}{T}$ dan $T = \frac{1}{252}$ jumlah hari perdagangan.

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{252}}} \sqrt{var} \\
&= \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{252}}} \sqrt{0.0002171269} \\
&= \frac{0.0147352265}{0.062994079} \\
&= 0.23391447
\end{aligned}$$

Jadi, nilai volatilitas harga saham selama satu tahun dan terhitung 252 hari tersebut adalah 0.23391447.

2. Nilai untuk parameter-parameter yang digunakan dalam menentukan harga opsi

a. *Time to maturity (T)*

Adapun waktu jatuh tempo yang digunakan dalam penelitian ini adalah selama 1 tahun.

b. Nilai harga kesepakatan (K)

Berdasarkan informasi opsi saham Microsoft Corporation (MSFT) yang diperdagangkan mulai tanggal 10 Oktober 2017 sampai dengan 11 Oktober 2018 atau setara dengan 252 hari perdagangan, maka nilai harga kesepakatan, yaitu sebesar $K = \$100$.

c. Nilai suku bunga (r)

Dalam penelitian ini, tingkat suku bunga yang digunakan merupakan tingkat suku bunga Bank Amerika, yaitu sebesar 2,25% yang diperoleh dari website <http://www.fxstreet.web.id/economic-calender/world-interest-rates>. Adapun tabel tingkat suku bunga dunia secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 3.

3. Menghitung Harga Opsi dengan Menggunakan Model *Black-Scholes*

Perhitungan harga opsi *call* standar akan dilakukan dengan menggunakan model *Black-Scholes* secara analitik. Secara manual, perhitungan harga opsi *call* dengan menggunakan model *Black-Scholes* dapat dihitung sebagai berikut :

1) Menghitung nilai d_1

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{106.16}{100}\right) + \left(0.0225 + \frac{1}{2} \cdot 0.0002171269\right)1}{0.2339144684\sqrt{1}}$$

$$d_1 = 0.352205$$

2) Menghitung nilai d_2

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$$d_2 = 0.352205 - 0.2339144684\sqrt{1}$$

$$d_2 = 0.1182905$$

3) Tentukan nilai $N(d_1)$

$$N(d_1) = N(0.352205)$$

$$N(d_1) = 0.6376577$$

4) Tentukan nilai $N(d_2)$

$$N(d_2) = N(0.1182905)$$

$$N(d_2) = 0.5470813$$

dengan nilai dari $N(d_1)$ dan $N(d_2)$ merupakan fungsi distribusi normal kumulatif untuk d_1 dan d_2 . Nilai dari $N(d_1)$ dan $N(d_2)$ dapat dilihat di tabel kurva normal atau dapat digunakan fungsi *pnorm* pada *software R-Studio*.

5) Menghitung nilai opsi *call* tipe Eropa dengan Persamaan (2.34) :

$$C = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2)$$

$$C = (106.16 \cdot 0.6376577) - (100 \cdot e^{-0.0225(1)} \cdot 0.5470813)$$

$$C = 67.69374 - 53.49094$$

$$C = 14.2028$$

Harga opsi *call* tipe Eropa yang dihitung dengan menggunakan model *Black-Scholes* akan dijadikan tolak ukur harga standar opsi *call* yang akan dinegosiasikan antara penjual dan pembeli opsi *call*. Harga standar ini nantinya akan dibandingkan dengan harga opsi *call* yang dihitung dengan menggunakan simulasi *Monte Carlo* standar dan simulasi *Monte Carlo* dengan teknik *antithetic variates*, untuk mengetahui metode mana yang hasilnya mendekati harga standar.

4. Harga opsi call saham tipe Eropa

Langkah-langkah penentuan harga opsi Eropa dengan simulasi Monte Carlo adalah membangkitkan nilai variabel acak berdistribusi normal baku ($Z \sim N(0,1)$) sebanyak M simulasi yang akan digunakan untuk menentukan kemungkinan-kemungkinan harga saham. Banyaknya simulasi dilakukan untuk menghasilkan nilai kemungkinan-kemungkinan harga saham sebanyak-banyaknya untuk menunjukkan kekonvergenan pada suatu nilai. Setiap satu simulasi akan mencakup 2 langkah sebelumnya, yaitu membangkitkan harga saham dan menentukan perkiraan harga opsi saham, dimana dalam setiap simulasi mengulang kedua proses tersebut sebanyak simulasi yang dijalankan. Setelah itu, dilakukan perhitungan nilai *payoff* opsi Eropa berdasarkan kemungkinan harga saham tersebut. Kemudian, dilakukan perhitungan nilai rata-rata dari nilai-nilai *payoff* yang telah dihitung. Taksiran harga opsi Eropa dengan metode Monte Carlo didapatkan setelah dilakukan proses rekursif *backward* terhadap nilai rata-rata *payoff*.

Untuk teknik *antithetic variates*, langkah-langkahnya hampir sama dengan simulasi Monte Carlo standar hanya saja pada teknik *antithetic variates* menggunakan $\frac{n}{2}$ peubah acak dengan melibatkan perhitungan dua nilai derivatif.

a. Algoritma untuk harga opsi call saham tipe Eropa

1) Simulasi *Monte Carlo Standard*

- a) Input : $S_0, K, E(R_{(t)}), T, r, \sigma^2$ (variansi), σ (volatilitas), M
- b) Membangkitkan bilangan acak berdistribusi normal baku ($Z \sim N(0,1)$) sebanyak M simulasi
- c) Menghitung :

$$S_T = S_0 \cdot \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma \cdot Z \cdot \sqrt{T}\right)$$

- d) Menghitung *payoff* dari opsi *call* Eropa:

$$\max(S_T - K, 0)$$

- e) Menghitung harga opsi *call* tipe Eropa :

$$C = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M e^{-rT} \max(S_T - K, 0)$$

- f) Menghitung variansi dari opsi *call* tipe Eropa :

$$\sigma_C^2 = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (C_i - C)^2$$

- g) Menghitung *standard error* dari harga opsi *call* tipe Eropa :

$$SE = \frac{\omega}{\sqrt{M}}$$

- h) Menghitung interval kepercayaan menggunakan Pertidaksamaan (2.29) dimana nilai dari $\bar{\mu} - \frac{1.96\omega}{\sqrt{M}}$ merupakan batas bawah opsi serta dan $\bar{\mu} + \frac{1.96\omega}{\sqrt{M}}$ merupakan batas atas opsi serta f merupakan nilai opsi *call* yang telah diperoleh. Adapun $\bar{\mu}$ adalah rata-rata yang nilainya diperoleh dari harga opsi *call* Eropa, ω adalah standar deviasi dari harga opsi *call* dan nilai 1.96 adalah nilai dari selang kepercayaan 95%.
- i) Output : solusi harga opsi *call* (C), *standard error* dan selang kepercayaan yang dihasilkan

2) Simulasi Monte Carlo dengan teknik *Antithetic Variates*

- a) Input : $S_0, K, E(R_{(t)}), T, r, \sigma^2$ (variansi), σ (volatilitas), M
- b) Membangkitkan bilangan acak berdistribusi normal baku ($Z \sim N(0,1)$) sebanyak M simulasi
- c) Hitung kovariansi dari variabel acak berdistribusi normal baku ($Z, -Z$) :

$$Cov(Z, -Z) = \frac{\sum_{i=1}^M (Z_i - Z_{avg})(-Z_i - (-Z)_{avg})}{M - 1}$$

- d) Hitung :

$$S_{T(1)} = S_0 \cdot \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T + \sigma \cdot Z \cdot \sqrt{T}\right)$$

$$S_{T(2)} = S_0 \cdot \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T - \sigma \cdot Z \cdot \sqrt{T}\right)$$

- e) Hitung *payoff* dari opsi *call* Eropa:

$$\max(S_{T(1)} - K, 0)$$

$$\max(S_{T(2)} - K, 0)$$

f) Hitung harga perkiraan opsi *call* tipe Eropa :

$$f_1 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M e^{-rT} \max(S_{T(1)} - K, 0)$$

$$f_2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M e^{-rT} \max(S_{T(2)} - K, 0)$$

g) Hitung harga opsi *call* tipe Eropa dengan teknik *antithetic variates* :

$$\bar{f} = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

h) Hitung variansi dari opsi *call* tipe Eropa :

$$\text{var}(f_1) = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (C_i - f_1)^2$$

$$\text{var}(f_2) = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (C_i - f_2)^2$$

i) Hitung variansi dari opsi *call* tipe Eropa dengan teknik *antithetic variates* :

$$\text{var}(\bar{f}) = \frac{1}{4} \text{var}(f_1) + \frac{1}{4} \text{var}(f_2) + \frac{1}{2} \text{Cov}(Z, -Z)$$

j) Hitung *standard error* dari harga opsi *call* tipe Eropa :

$$SE = \frac{\bar{\omega}}{\sqrt{M}}$$

k) Menghitung interval kepercayaan menggunakan

Pertidaksamaan (2.29) dimana nilai dari $\bar{\mu} - \frac{1.96\omega}{\sqrt{M}}$ merupakan

batas bawah opsi serta dan $\bar{\mu} + \frac{1.96\omega}{\sqrt{M}}$ merupakan batas atas opsi

serta \bar{f} merupakan nilai opsi *call* yang telah diperoleh.

l) Output : solusi harga opsi *call* tipe Eropa (*C*) dengan teknik

antithetic variates, *standard error* dan selang kepercayaan yang dihasilkan.

b. Perbandingan simulasi *Monte Carlo* standar, simulasi *Monte Carlo-antithetic variates* dan model *Black-Scholes* untuk opsi *call* Eropa

Pada Tabel 4.4 disajikan harga opsi *call* tipe Eropa beserta standar errornya diperoleh dengan menggunakan simulasi *Monte Carlo* standar, simulasi *Monte Carlo* dengan teknik *antithetic variates*, dan model *Black-Scholes* secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 4.4 Harga opsi *call* saham tipe Eropa

<i>M</i>	Simulasi <i>Monte Carlo</i> standar		Simulasi <i>Monte Carlo-antithetic variates</i>		<i>Black-Scholes</i>
	Harga opsi	<i>Standard error</i>	Harga opsi	<i>Standard error</i>	
10	\$19.9666	10.11096	\$19.13451	6.623272	\$14.20281
100	\$14.69727	2.08202	\$14.54115	1.413002	
1.000	\$14.78625	0.60681	\$14.68850	0.434983	
10.000	\$14.50178	0.19422	\$14.61238	0.137631	
100.000	\$14.69886	0.06192	\$14.69801	0.043681	
1.000.000	\$14.69786	0.01963	\$14.71925	0.013866	

Sumber : Program menentukan harga opsi *call* saham tipe Eropa

Pada Tabel 4.5 disajikan batas atas dan batas bawah untuk mengetahui keakuratan dalam menentukan harga opsi *call* tipe Eropa

simulasi *Monte Carlo* standar dan simulasi *Monte Carlo* dengan teknik *antithetic variates* sebesar 95%, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Selang Kepercayaan 95%

M	Simulasi <i>Monte Carlo</i> standar		Simulasi <i>Monte Carlo-antithetic variates</i>	
	Batas bawah	Batas atas	Batas bawah	Batas atas
10	\$0.149106	\$39.78408	\$6.152896	\$32.11612
100	\$10.61651	\$18.77803	\$11.77167	\$17.31064
1.000	\$13.59691	\$15.97559	\$13.83594	\$15.54107
10.000	\$14.12111	\$14.88245	\$14.34263	\$14.88214
100.000	\$14.57750	\$14.82022	\$14.61240	\$14.78363
1.000.000	\$14.65939	\$14.73632	\$14.69207	\$14.74642

Sumber : Program menentukan harga opsi *call* saham tipe Eropa

B. Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harga penutupan saham harian untuk perusahaan Microsoft Corporation (MSFT) selama 1 tahun yang dimulai pada 10 Oktober 2017 – 11 Oktober 2018. Jumlah data harga saham yang diambil adalah sebanyak 252 data dan data tersebut dapat dilihat pada Lampiran 1. Dari data tersebut diperoleh volatilitas harga saham sebesar 0.2339145.

Harga penutupan harian saham Microsoft Corporation pada tanggal 10 Oktober 2017 yaitu sebesar \$106.16 dan digunakan sebagai harga saham awal atau S_0 . *Strike price* (K) yang digunakan adalah sebesar \$100 dengan tingkat suku bunga (r) $2.25\% = 0.0225$, dimana banyaknya simulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 – 1.000.000 simulasi.

Dalam menentukan harga opsi *call* tipe Eropa dengan menggunakan simulasi *Monte Carlo* dengan teknik *antithetic variates*, ada beberapa parameter

yang digunakan, yaitu S_0 , K , r , T , dan volatilitas harga saham (σ). Dengan menggunakan model *Black-Scholes* sebagai tolak ukur harga standar diperoleh harga opsi *call* tipe Eropa menggunakan *software R-Studio*, yaitu sebesar \$14.2028. Selanjutnya, untuk mendapatkan harga opsi *call* saham tipe Eropa dengan menggunakan simulasi *Monte Carlo* dengan teknik *antithetic variates* menggunakan *software R-Studio*.

Dengan simulasi program tersebut, maka diperoleh harga opsi *call* saham tipe Eropa berdasarkan Tabel 4.4 dalam simulasi *Monte Carlo* standar, yaitu untuk $M = 10$ sebesar \$19.9666, untuk $M = 100$ sebesar \$14.69727, untuk $M = 1.000$ sebesar \$14.78625, untuk $M = 10.000$ sebesar \$14.50178, untuk $M = 100.000$ sebesar \$14.69886 dan untuk $M = 1.000.000$ sebesar \$14.69786. Sedangkan harga opsi *call* saham tipe Eropa dalam teknik *antithetic variates*, yaitu untuk $M = 10$ sebesar \$19.13451, untuk $M = 100$ sebesar \$14.54115, untuk $M = 1.000$ sebesar \$14.6885, untuk $M = 10.000$ sebesar \$14.61238, untuk $M = 100.000$ sebesar \$14.69801 dan untuk $M = 1.000.000$ sebesar \$14.71925. Dengan melihat batas atas dan batas bawahnya, dapat diketahui keakuratan dalam menentukan harga kontrak opsi *call* Eropa sebesar 95% karena nilai opsi *call* yang diperoleh pada setiap simulasi berada di antara batas atas dan batas bawahnya.

Apabila opsi *call* Eropa dijual dengan harga yang lebih rendah dari \$14.71925 per lembar saham, maka investor (*holder*) seharusnya mempertimbangkan untuk membeli opsi *call* Eropa tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa jumlah simulasi pada metode yang berbeda menghasilkan *standard error*

dan harga opsi yang berbeda pula. Semakin besar jumlah simulasi, *standard error* yang dihasilkan akan semakin menurun dan akhirnya mendekati nol. Simulasi Monte Carlo standar berhenti pada simulasi ke-1.000.000 diperoleh harga opsi \$14.69786 dengan *standard error* 0.01962492.

Sedangkan simulasi Monte Carlo dengan teknik *antithetic variates* berhenti pada simulasi ke-100.000 karena *standard error*-nya sudah mendekati nol, yaitu 0.04368085 dan harga opsi dianggap konvergen pada \$14.69801.

Hal ini menunjukkan bahwa simulasi Monte Carlo dengan teknik *antithetic variates* mampu mengurangi variansi lebih cepat daripada Monte Carlo standar sehingga harga opsi yang diperoleh juga lebih cepat menuju konvergen.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa simulasi Monte Carlo dengan menggunakan teknik *antithetic variates* dapat mengurangi variansi dari Monte Carlo standar. Pengurangan variansi ini menyebabkan simulasi Monte Carlo-*antithetic variates* dapat menghasilkan harga opsi yang lebih cepat menuju konvergen daripada simulasi Monte Carlo standar. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya simulasi yang dilakukan. Simulasi Monte Carlo standar berhenti pada simulasi ke-1.000.000 dengan harga opsi \$14.69786 dan *standard error* 0.01962492. Sedangkan simulasi Monte Carlo dengan teknik *antithetic variates* berhenti pada simulasi ke-100.000 karena *standard error*-nya sudah mendekati nol, yaitu 0.04368085 dan harga opsi dianggap konvergen pada \$14.69801.

Apabila opsi *call* Eropa dijual dengan harga yang lebih rendah dari \$14.69801 per lembar saham, maka investor (*holder*) seharusnya mempertimbangkan untuk membeli opsi *call* Eropa tersebut.

B. Saran

Pada skripsi ini penulis hanya memfokuskan teknik reduksi varians pada teknik *antithetic variates* pada opsi *call* tipe Eropa. Maka diharapkan pada skripsi selanjutnya untuk mengkaji teknik reduksi varians lainnya dalam metode Monte Carlo untuk menentukan harga opsi saham dan perhitungan harga opsi yang diteliti mencakup opsi tipe Amerika, Asia, dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainal. 2005. *Teori Keuangan dan Pasar Modal Edisi Pertama*. Yogyakarta : Ekonisia.
- Artanadi, Ni Nyoman Ayu, dkk. 2017. *Penentuan Harga Opsi Beli Tipe Asia dengan Metode Monte Carlo-Control Variate*. Bali : Jurnal Fakultas FMIPA Universitas Udayana.
- Azis, S.E., Dr. Musdalifah, dkk. 2015. *Manajemen Investasi Fundamental, Teknikal, Perilaku Investor dan Return Saham*. Yogyakarta : Deepublish.
- Departemen Agama RI. 2006. *Al-Qur'an dan Terjemahannya, Departemen Agama Republik Indonesia*. Surabaya : Pustaka Agung Harapan.
- Fxs Street, [online]. <http://www.fxstreet.web.id/economic-calender/interest-rates-table/> Diakses pada tanggal 05 Oktober 2018
- Halim, MM., Ak., Drs. Abdul. 2005. *Analisis Investasi*. Malang : Salemba Empat.
- Hartono, M.B.A., Ak., Prof. Dr. Jogiyanto. 2009. *Teori Portofolio dan Analisis Investasi Edisi Keenam*. Yogyakarta : BPFE.
- Hull, John C. 2012. *Options, Future, and Other Derivatives Eight Edition*. Canada : Pearson Education International.
- Husnan, Suad. 1994. *Dasar-Dasar Teori Portofolio dan Analisis Sekuritas*. Yogyakarta : UPP AMP YPKN.
- Mahayoga, I Gusti Putu Ngurah dkk. 2014. *Penentuan Harga Kontrak Opsi Tipe Eropa Menggunakan Metode Quasi Monte Carlo dengan Barisan Kuasi-Acak Halton*. Bali : Universitas Udayana.
- Ross, Sheldon M. 1996. *Stochastic Processes*. USA : John Wiley & Sans, Inc.
- Shihab, M. Quraish. 2010. *Tafsir Al-Misbah Volume 2 : Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta : Lentera Hati.
- Shihab, M. Quraish. 2009. *Tafsir Al-Misbah Volume 6 : Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta : Lentera Hati.
- Tandelilin, Prof. Eduardus. 2010. *Portofolio dan Investasi, Teori dan Aplikasi Edisi Pertama*. Yogyakarta : Kanisius.
- Taylor, Howard M, dkk. 1988. *An Introduction to Stochastic Modelling (Third Edition)*. California : Academic Press.

Wikipedia [online]. http://id.wikipedia.org/wiki/Selang_kepercayaan [Diakses pada tanggal 10 Januari 2019]

Yahoo Finance, [online]. <http://www.finance.yahoo.com> Diakses pada tanggal 05 Oktober 2018.

Yanto, Ali Ikhwan Wahyu Dilli. 2015. *Penentuan Harga Opsi Tipe Eropa dengan Menggunakan Model Black Scholes*. Malang : Universitas Brawijaya.

Yuliandi, Tomi Desra, dkk. 2016. *Perbandingan Metode Black Scholes dan Simulasi Monte Carlo*. Padang : Jurnal Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas.

Zulfa, Nur Atiqotul. 2015. *Analisis Estimasi Volatilitas Indeks Harga Saham Menggunakan Harga Tertinggi, Terendah, Pembukaan, dan Penutupan*. Semarang : Skripsi Universitas Negeri Semarang.

L

A

M

P

I

R

A

N



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Pulong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

**SURAT KETERANGAN
VALIDASI PENILAIAN KELAYAKAN DAN SUBSTANSI PROGRAM**

No : 196 / val / m / 358 / 2019

Yang bertanda tangan di bawah ini Tim Validasi penilaian kelayakan dan substansi program mahasiswa Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar menerangkan bahwa karya ilmiah Mahasiswa/ Instansi terkait :

Nama : Anisah Marqiah Qur'ani
Nim : 60600113015
Judul Karya ilmiah : *"Harga Opsi Tipe Eropa Menggunakan Simulasi Monte Carlo Standar Dan Teknik Anthhetic Variates"*

Berdasarkan hasil penelitian kelayakan dan substansi program mahasiswa bersangkutan dengan ini dinyatakan Valid.

Demikian surat Keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Gowa, 13 Maret 2019

Kepala TIM Validasi
Program Studi Matematika

Adnan Sauddin, S. Pd., M. Si



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

Lampiran 1 : Data Harga Penutupan Microsoft Corporation

t	Tanggal	Harga Penutupan (close)
0	10-Oct-17	76.29
1	11-Oct-17	76.42
2	12-Oct-17	77.12
3	13-Oct-17	77.49
4	16-Oct-17	77.65
5	17-Oct-17	77.59
6	18-Oct-17	77.61
7	19-Oct-17	77.91
8	20-Oct-17	78.81
9	23-Oct-17	78.83
10	24-Oct-17	78.86
11	25-Oct-17	78.63
12	26-Oct-17	78.76
13	27-Oct-17	83.81
14	30-Oct-17	83.89
15	31-Oct-17	83.18
16	1-Nov-17	83.18
17	2-Nov-17	84.05
18	3-Nov-17	84.14
19	6-Nov-17	84.47
20	7-Nov-17	84.27
21	8-Nov-17	84.56
22	9-Nov-17	84.09
23	10-Nov-17	83.87
24	13-Nov-17	83.93
25	14-Nov-17	84.05
26	15-Nov-17	82.98
27	16-Nov-17	83.2
28	17-Nov-17	82.4
29	20-Nov-17	82.53



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

30	21-Nov-17	83.72
31	22-Nov-17	83.11
32	24-Nov-17	83.26
33	27-Nov-17	83.87
34	28-Nov-17	84.88
35	29-Nov-17	83.34
36	30-Nov-17	84.17
37	1-Dec-17	84.26
38	4-Dec-17	81.08
39	5-Dec-17	81.59
40	6-Dec-17	82.78
41	7-Dec-17	82.49
42	8-Dec-17	84.16
43	11-Dec-17	85.23
44	12-Dec-17	85.58
45	13-Dec-17	85.35
46	14-Dec-17	84.69
47	15-Dec-17	86.85
48	18-Dec-17	86.38
49	19-Dec-17	85.83
50	20-Dec-17	85.52
51	21-Dec-17	85.5
52	22-Dec-17	85.51
53	26-Dec-17	85.4
54	27-Dec-17	85.71
55	28-Dec-17	85.72
56	29-Dec-17	85.54
57	2-Jan-18	85.95
58	3-Jan-18	86.35
59	4-Jan-18	87.11
60	5-Jan-18	88.19
61	8-Jan-18	88.28
62	9-Jan-18	88.22
63	10-Jan-18	87.82
64	11-Jan-18	88.08



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

65	12-Jan-18	89.6
66	16-Jan-18	88.35
67	17-Jan-18	90.14
68	18-Jan-18	90.1
69	19-Jan-18	90
70	22-Jan-18	91.61
71	23-Jan-18	91.9
72	24-Jan-18	91.82
73	25-Jan-18	92.33
74	26-Jan-18	94.06
75	29-Jan-18	93.92
76	30-Jan-18	92.74
77	31-Jan-18	95.01
78	1-Feb-18	94.26
79	2-Feb-18	91.78
80	5-Feb-18	88
81	6-Feb-18	91.33
82	7-Feb-18	89.61
83	8-Feb-18	85.01
84	9-Feb-18	88.18
85	12-Feb-18	89.13
86	13-Feb-18	89.83
87	14-Feb-18	90.81
88	15-Feb-18	92.66
89	16-Feb-18	92
90	20-Feb-18	92.72
91	21-Feb-18	91.49
92	22-Feb-18	91.73
93	23-Feb-18	94.06
94	26-Feb-18	95.42
95	27-Feb-18	94.2
96	28-Feb-18	93.77
97	1-Mar-18	92.85
98	2-Mar-18	93.05
99	5-Mar-18	93.64



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

100	6-Mar-18	93.32
101	7-Mar-18	93.86
102	8-Mar-18	94.43
103	9-Mar-18	96.54
104	12-Mar-18	96.77
105	13-Mar-18	94.41
106	14-Mar-18	93.85
107	15-Mar-18	94.18
108	16-Mar-18	94.6
109	19-Mar-18	92.89
110	20-Mar-18	93.13
111	21-Mar-18	92.48
112	22-Mar-18	89.79
113	23-Mar-18	87.18
114	26-Mar-18	93.78
115	27-Mar-18	89.47
116	28-Mar-18	89.39
117	29-Mar-18	91.27
118	2-Apr-18	88.52
119	3-Apr-18	89.71
120	4-Apr-18	92.33
121	5-Apr-18	92.38
122	6-Apr-18	90.23
123	9-Apr-18	90.77
124	10-Apr-18	92.88
125	11-Apr-18	91.86
126	12-Apr-18	93.58
127	13-Apr-18	93.08
128	16-Apr-18	94.17
129	17-Apr-18	96.07
130	18-Apr-18	96.44
131	19-Apr-18	96.11
132	20-Apr-18	95
133	23-Apr-18	95.35
134	24-Apr-18	93.12



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA**

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

135	25-Apr-18	92.31
136	26-Apr-18	94.26
137	27-Apr-18	95.82
138	30-Apr-18	93.52
139	1-May-18	95
140	2-May-18	93.51
141	3-May-18	94.07
142	4-May-18	95.16
143	7-May-18	96.22
144	8-May-18	95.81
145	9-May-18	96.94
146	10-May-18	97.91
147	11-May-18	97.7
148	14-May-18	98.03
149	15-May-18	97.32
150	16-May-18	97.15
151	17-May-18	96.18
152	18-May-18	96.36
153	21-May-18	97.6
154	22-May-18	97.5
155	23-May-18	98.66
156	24-May-18	98.31
157	25-May-18	98.36
158	29-May-18	98.01
159	30-May-18	98.95
160	31-May-18	98.84
161	1-Jun-18	100.79
162	4-Jun-18	101.67
163	5-Jun-18	102.19
164	6-Jun-18	102.49
165	7-Jun-18	100.88
166	8-Jun-18	101.63
167	11-Jun-18	101.05
168	12-Jun-18	101.31
169	13-Jun-18	100.85



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

170	14-Jun-18	101.42
171	15-Jun-18	100.13
172	18-Jun-18	100.86
173	19-Jun-18	100.86
174	20-Jun-18	101.87
175	21-Jun-18	101.14
176	22-Jun-18	100.41
177	25-Jun-18	98.39
178	26-Jun-18	99.08
179	27-Jun-18	97.54
180	28-Jun-18	98.63
181	29-Jun-18	98.61
182	2-Jul-18	100.01
183	3-Jul-18	99.05
184	5-Jul-18	99.76
185	6-Jul-18	101.16
186	9-Jul-18	101.85
187	10-Jul-18	102.12
188	11-Jul-18	101.98
189	12-Jul-18	104.19
190	13-Jul-18	105.43
191	16-Jul-18	104.91
192	17-Jul-18	105.95
193	18-Jul-18	105.12
194	19-Jul-18	104.4
195	20-Jul-18	106.27
196	23-Jul-18	107.97
197	24-Jul-18	107.66
198	25-Jul-18	110.83
199	26-Jul-18	109.62
200	27-Jul-18	107.68
201	30-Jul-18	105.37
202	31-Jul-18	106.08
203	1-Aug-18	106.28
204	2-Aug-18	107.57



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

205	3-Aug-18	108.04
206	6-Aug-18	108.13
207	7-Aug-18	108.88
208	8-Aug-18	109.49
209	9-Aug-18	109.67
210	10-Aug-18	109
211	13-Aug-18	108.21
212	14-Aug-18	109.56
213	15-Aug-18	107.66
214	16-Aug-18	107.64
215	17-Aug-18	107.58
216	20-Aug-18	106.87
217	21-Aug-18	105.98
218	22-Aug-18	107.06
219	23-Aug-18	107.56
220	24-Aug-18	108.4
221	27-Aug-18	109.6
222	28-Aug-18	110.26
223	29-Aug-18	112.02
224	30-Aug-18	111.95
225	31-Aug-18	112.33
226	4-Sep-18	111.71
227	5-Sep-18	108.49
228	6-Sep-18	108.74
229	7-Sep-18	108.21
230	10-Sep-18	109.38
231	11-Sep-18	111.24
232	12-Sep-18	111.71
233	13-Sep-18	112.91
234	14-Sep-18	113.37
235	17-Sep-18	112.14
236	18-Sep-18	113.21
237	19-Sep-18	111.7
238	20-Sep-18	113.57
239	21-Sep-18	114.26



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

240	24-Sep-18	114.67
241	25-Sep-18	114.45
242	26-Sep-18	113.98
243	27-Sep-18	114.41
244	28-Sep-18	114.37
245	1-Oct-18	115.61
246	2-Oct-18	115.15
247	3-Oct-18	115.17
248	4-Oct-18	112.79
249	5-Oct-18	112.13
250	8-Oct-18	110.85
251	9-Oct-18	112.26
252	10-Oct-18	106.16



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

Lampiran 2 : Hasil Perhitungan Lengkap Return dan Variansi

t	$S_{(t)}$	$R_{(t)}$	$(R_{(t)} - E(R_{(t)}))^2$
0	76.29	0	0
1	76.42	0.001703985	8.06883E-08
2	77.12	0.009159971	5.99083E-05
3	77.49	0.004797653	1.1409E-05
4	77.65	0.002064834	4.15904E-07
5	77.59	-0.000772775	4.80795E-06
6	77.61	0.00025783	1.35047E-06
7	77.91	0.00386552	5.98092E-06
8	78.81	0.011551713	0.000102653
9	78.83	0.000253826	1.35979E-06
10	78.86	0.000380553	1.0803E-06
11	78.63	-0.002916612	1.88056E-05
12	78.76	0.001653377	5.44983E-08
13	83.81	0.06411879	0.003931147
14	83.89	0.000954552	2.16575E-07
15	83.18	-0.008463452	9.76812E-05
16	83.18	0	2.0162E-06
17	84.05	0.010459281	8.17099E-05
18	84.14	0.001070744	1.2193E-07
19	84.47	0.003922059	6.26066E-06
20	84.27	-0.002367752	1.43465E-05
21	84.56	0.003441332	4.08607E-06
22	84.09	-0.005558207	4.86944E-05
23	83.87	-0.002616161	1.629E-05
24	83.93	0.000715357	4.9642E-07
25	84.05	0.001429799	9.74296E-11
26	82.98	-0.012730517	0.000200235
27	83.2	0.002651169	1.51595E-06
28	82.4	-0.009615325	0.000121777
29	82.53	0.001577633	2.4871E-08



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA**

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

30	83.72	0.014419024	0.000168976
31	83.11	-0.007286192	7.57965E-05
32	83.26	0.001804849	1.48164E-07
33	83.87	0.007326459	3.48871E-05
34	84.88	0.012042375	0.000112836
35	83.34	-0.018143273	0.000382719
36	84.17	0.009959228	7.29196E-05
37	84.26	0.001069312	1.22931E-07
38	81.08	-0.037740327	0.001533526
39	81.59	0.00629001	2.37177E-05
40	82.78	0.014585158	0.000173323
41	82.49	-0.003503274	2.42379E-05
42	84.16	0.020244951	0.000354382
43	85.23	0.012713866	0.000127553
44	85.58	0.004106523	7.21779E-06
45	85.35	-0.00268759	1.68717E-05
46	84.69	-0.007732818	8.37728E-05
47	86.85	0.025504734	0.000580078
48	86.38	-0.005411641	4.66703E-05
49	85.83	-0.006367157	6.06387E-05
50	85.52	-0.003611849	2.53188E-05
51	85.5	-0.000233828	2.73491E-06
52	85.51	0.000116982	1.69767E-06
53	85.4	-0.001286399	7.32421E-06
54	85.71	0.003629941	4.88416E-06
55	85.72	0.000116696	1.69841E-06
56	85.54	-0.00209986	1.23889E-05
57	85.95	0.004793032	1.13778E-05
58	86.35	0.00465388	1.04584E-05
59	87.11	0.008801425	5.44865E-05
60	88.19	0.012398129	0.000120521
61	88.28	0.00102049	1.59551E-07
62	88.22	-0.000679633	4.40816E-06
63	87.82	-0.004534131	3.54508E-05
64	88.08	0.002960624	2.37374E-06



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

65	89.6	0.017256993	0.000250813
66	88.35	-0.013950893	0.000236262
67	90.14	0.02026034	0.000354961
68	90.1	-0.000443765	3.47335E-06
69	90	-0.001109856	6.39981E-06
70	91.61	0.0178889	0.000271227
71	91.9	0.003165604	3.04739E-06
72	91.82	-0.000870533	5.24621E-06
73	92.33	0.005554367	1.70936E-05
74	94.06	0.018737095	0.000299884
75	93.92	-0.001488412	8.45844E-06
76	92.74	-0.012563884	0.000195547
77	95.01	0.024477076	0.000531632
78	94.26	-0.007893906	8.67475E-05
79	91.78	-0.026310237	0.000768962
80	88	-0.041185433	0.001815217
81	91.33	0.037840932	0.00132649
82	89.61	-0.018832815	0.000410174
83	85.01	-0.051333545	0.002782929
84	88.18	0.037289706	0.001286641
85	89.13	0.010773384	8.74871E-05
86	89.83	0.007853753	4.13941E-05
87	90.81	0.010909451	9.0051E-05
88	92.66	0.020372272	0.000359191
89	92	-0.007122857	7.29792E-05
90	92.72	0.007826098	4.1039E-05
91	91.49	-0.013265779	0.00021567
92	91.73	0.002623292	1.44809E-06
93	94.06	0.025400577	0.000575072
94	95.42	0.014458856	0.000170014
95	94.2	-0.01278559	0.000201797
96	93.77	-0.004564756	3.58164E-05
97	92.85	-0.00981123	0.000126139
98	93.05	0.002154066	5.38958E-07
99	93.64	0.006340634	2.42133E-05



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA**

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

100	93.32	-0.003417332	2.33991E-05
101	93.86	0.005786552	1.90674E-05
102	94.43	0.006072864	2.16498E-05
103	96.54	0.022344604	0.000437842
104	96.77	0.002382391	9.26334E-07
105	94.41	-0.024387652	0.000666031
106	93.85	-0.005931638	5.40455E-05
107	94.18	0.003516271	4.39465E-06
108	94.6	0.004459524	9.23915E-06
109	92.89	-0.0180761	0.000380095
110	93.13	0.00258368	1.35432E-06
111	92.48	-0.006979427	7.05492E-05
112	89.79	-0.029087391	0.000930697
113	87.18	-0.029067836	0.000929504
114	93.78	0.075705426	0.005518335
115	89.47	-0.045958606	0.002244725
116	89.39	-0.000894177	5.35508E-06
117	91.27	0.021031413	0.00038461
118	88.52	-0.030130383	0.000995422
119	89.71	0.013443313	0.000144562
120	92.33	0.029205251	0.000772024
121	92.38	0.000541482	7.71668E-07
122	90.23	-0.023273372	0.000609759
123	90.77	0.005984639	2.08366E-05
124	92.88	0.023245566	0.000476358
125	91.86	-0.010981869	0.000153805
126	93.58	0.018724156	0.000299436
127	93.08	-0.005343022	4.57375E-05
128	94.17	0.011710313	0.000105892
129	96.07	0.020176299	0.000351801
130	96.44	0.003851379	5.91195E-06
131	96.11	-0.003421827	2.34426E-05
132	95	-0.011549277	0.0001682
133	95.35	0.003684189	5.12688E-06
134	93.12	-0.023387468	0.000615407



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA**

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

135	92.31	-0.008698507	0.000102383
136	94.26	0.021124516	0.000388271
137	95.82	0.016549947	0.000228917
138	93.52	-0.024003371	0.000646344
139	95	0.015825524	0.000207521
140	93.51	-0.015684189	0.000292551
141	94.07	0.005988643	2.08732E-05
142	95.16	0.011587158	0.000103373
143	96.22	0.011139102	9.44623E-05
144	95.81	-0.0042611	3.22741E-05
145	96.94	0.011794218	0.000107626
146	97.91	0.01000621	7.37242E-05
147	97.7	-0.002144898	1.2708E-05
148	98.03	0.003377707	3.8329E-06
149	97.32	-0.007242671	7.50406E-05
150	97.15	-0.001746794	1.00281E-05
151	96.18	-0.00998458	0.000130063
152	96.36	0.001871501	2.03918E-07
153	97.6	0.012868379	0.000131067
154	97.5	-0.00102457	5.97557E-06
155	98.66	0.011897477	0.000109779
156	98.31	-0.003547598	2.46763E-05
157	98.36	0.000508626	8.30472E-07
158	98.01	-0.003558347	2.47832E-05
159	98.95	0.009590807	6.67633E-05
160	98.84	-0.001111683	6.40905E-06
161	100.79	0.019728906	0.000335219
162	101.67	0.008730995	5.34517E-05
163	102.19	0.005114626	1.36508E-05
164	102.49	0.002935669	2.29747E-06
165	100.88	-0.01570886	0.000293395
166	101.63	0.007434576	3.6176E-05
167	101.05	-0.005706917	5.07919E-05
168	101.31	0.002572934	1.32942E-06
169	100.85	-0.004540519	3.55269E-05



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

170	101.42	0.005651958	1.79101E-05
171	100.13	-0.012719395	0.00019992
172	100.86	0.007290562	3.44643E-05
173	100.86	0	2.0162E-06
174	101.87	0.0100139	7.38564E-05
175	101.14	-0.007166035	7.37188E-05
176	100.41	-0.007217669	7.46081E-05
177	98.39	-0.020117567	0.000463864
178	99.08	0.007012938	3.12818E-05
179	97.54	-0.015543005	0.000287741
180	98.63	0.011174861	9.51587E-05
181	98.61	-0.000202738	2.63304E-06
182	100.01	0.014197353	0.000163263
183	99.05	-0.00959903	0.000121417
184	99.76	0.007168087	3.30413E-05
185	101.16	0.014033701	0.000159107
186	101.85	0.006820818	2.91696E-05
187	102.12	0.002651006	1.51555E-06
188	101.98	-0.001370936	7.78892E-06
189	104.19	0.021670905	0.000410102
190	105.43	0.011901315	0.000109859
191	104.91	-0.004932145	4.03488E-05
192	105.95	0.009913192	7.21355E-05
193	105.12	-0.007833827	8.5632E-05
194	104.4	-0.006849324	6.83805E-05
195	106.27	0.017911829	0.000271983
196	107.97	0.015997027	0.000212492
197	107.66	-0.00287114	1.84133E-05
198	110.83	0.029444528	0.000785378
199	109.62	-0.010917612	0.000152215
200	107.68	-0.017697527	0.000365477
201	105.37	-0.021452424	0.000523144
202	106.08	0.006738151	2.82835E-05
203	106.28	0.001885341	2.16609E-07
204	107.57	0.012137759	0.000114872



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA**

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

205	108.04	0.004369257	8.69854E-06
206	108.13	0.000832988	3.44499E-07
207	108.88	0.006936096	3.04281E-05
208	109.49	0.005602508	1.7494E-05
209	109.67	0.001643986	5.02019E-08
210	109	-0.006109219	5.6688E-05
211	108.21	-0.007247716	7.5128E-05
212	109.56	0.012475732	0.000122231
213	107.66	-0.017342041	0.000352011
214	107.64	-0.000185816	2.57842E-06
215	107.58	-0.000557386	3.90977E-06
216	106.87	-0.00659973	6.43149E-05
217	105.98	-0.008327875	9.50197E-05
218	107.06	0.010190555	7.69239E-05
219	107.56	0.004670278	1.05648E-05
220	108.4	0.007809632	4.08283E-05
221	109.6	0.011070074	9.31253E-05
222	110.26	0.006021934	2.11785E-05
223	112.02	0.015962225	0.000211478
224	111.95	-0.000624888	4.18127E-06
225	112.33	0.003394417	3.89861E-06
226	111.71	-0.005519478	4.81554E-05
227	108.49	-0.028824644	0.000914734
228	108.74	0.00230436	7.8222E-07
229	108.21	-0.004874002	3.96136E-05
230	109.38	0.010812291	8.82165E-05
231	111.24	0.017004947	0.000242893
232	111.71	0.004225108	7.86903E-06
233	112.91	0.010742145	8.69037E-05
234	113.37	0.004074032	7.04427E-06
235	112.14	-0.010849466	0.000150538
236	113.21	0.009541644	6.59623E-05
237	111.7	-0.013338062	0.000217798
238	113.57	0.016741299	0.000234744
239	114.26	0.006075566	2.1675E-05



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

240	114.67	0.003588272	4.70172E-06
241	114.45	-0.001918558	1.11455E-05
242	113.98	-0.004106544	3.05419E-05
243	114.41	0.0037726	5.53507E-06
244	114.37	-0.000349629	3.13133E-06
245	115.61	0.010841986	8.87752E-05
246	115.15	-0.003978886	2.91472E-05
247	115.17	0.000173652	1.5532E-06
248	112.79	-0.020665078	0.000487747
249	112.13	-0.005851618	5.28754E-05
250	110.85	-0.011415313	0.000164743
251	112.26	0.012719928	0.00012769
252	106.16	-0.054338125	0.00310896
Jumlah		0.357821945	0.054498851



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

Lampiran 3 : Tabel Tingkat Suku Bunga Dunia

Bank Sentral	Suku Bunga Saat Ini	Pertemuan Berikutnya	Perubahan Terakhir
Reserve Bank of Australia	1.5 %	Nov 6 03:30 GMT	Aug 2, 2016 GMT
Federal Reserve	2.25 %	Nov 8 19:00 GMT	Sep 26, 2018 GMT
Swiss National Bank	-0.75 %	GMT	2015-01- 15T09:30:32Z GMT
European Central Bank	0 %	Dec 13 12:45 GMT	Mar 10, 2016 GMT
Bank of Japan	-0.1 %	Dec 20 02:00 GMT	Jan 29, 2016 GMT
Reserve Bank of New Zealand	1.75 %	Nov 7 20:00 GMT	Nov 9, 2016 GMT
Bank of Canada	1.75 %	Dec 5 15:00 GMT	Oct 24, 2018 GMT
Bank of England	0.75 %	Dec 20 12:00 GMT	Aug 2, 2018 GMT



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

**Lampiran 4 : Program Menentukan Harga Opsi Call Tipe Eropa
Menggunakan Model *Black-Scholes*, Simulasi Monte Carlo
Standar dan Teknik *Antithetic Variates***

Syntax

```
#####  
# Nama : Anisah Mardiah Qur'ani  
# Nim : 60600113015  
# Judul Program : Menentukan Harga Opsi Call Tipe Eropa  
Menggunakan Model Black-Scholes, Simulasi Monte Carlo Standar  
dan Teknik Antithetic Variates  
# Tahun Ajaran : 2018/2019  
#####  
rm(list=ls(all=TRUE))  
  
MSFT<-read.csv(file.choose(),header = TRUE) ##Pemanggilan  
data  
n<-252 ##Jumlah data  
Snol<-106.16  
K<-100  
r<-0.0225  
t<-1  
St<-data.frame(MSFT)  
Rt<-0  
for(i in 2:253) {  
  Rt[i]<-(St[i,3]-St[i-1,3])/St[i-1,3]  
}  
ERt<-sum(Rt)/n  
cat("ERt = ",ERt,"\n")  
v<-0  
for (i in 2:253) {  
  v[i]<-(Rt[i]-ERt)^2  
}  
var<-sum(v)/(n-1)  
cat("Nilai variansi = ",var,"\n")  
vol<-sqrt(var)/sqrt(1/252)  
cat("Nilai volatilitas = ",vol,"\n")  
#####Harga Opsi Call Tipe Eropa Menggunakan Model Black-  
Scholes#####  
blackscholes<-function(Snol,K,r,t)
```



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

```
{
  d1<-(log(Snol/K)+((r+(var*0.5))*t))/(vol*sqrt(t))
  d2<-d1-(vol*sqrt(t))
  Nd1<-pnorm(d1,0,1)
  Nd2<-pnorm(d2,0,1)
  CBS<-(Snol*Nd1)-(K*exp(-r*t)*Nd2)
  cat("harga opsi call tipe Eropa menggunakan model Black
Scholes =",CBS,"\n")
}
blackscholes(Snol,K,r,t)
#####
#####
####Harga Opsi Call Tipe Eropa Menggunakan Simulasi Monte
Carlo Dengan Teknik Antitethic Variates####
library(MonteCarlo)
montecarlo<-function(Snol,K,ERt,r,t)
{
  M<-10
  while(M<=1000000){
    cat("untuk M = ",M,"\n")
    Z<-rnorm(M,0,1)
    ST1<-Snol*exp((ERt-(0.5*var))*t+vol*Z*sqrt(t))
    ST2<-Snol*exp((ERt-(0.5*var))*t-vol*Z*sqrt(t))
    payoff_T1<-0
    payoff_T2<-0
    for(i in 1:M)
    {
      payoff_T1[i]<-max(0,ST1[i]-K)
      payoff_T2[i]<-max(0,ST2[i]-K)
    }
    dis_payoff_T1<-payoff_T1*exp(-r*t)
    dis_payoff_T2<-payoff_T2*exp(-r*t)
    jumlah_payoff_T1<-sum(dis_payoff_T1)
    jumlah_payoff_T2<-sum(dis_payoff_T2)
    f1<-jumlah_payoff_T1/M
    f2<-jumlah_payoff_T2/M
    C_TAV<-(f1+f2)/2
    var_f1<-sum((dis_payoff_T1-f1)^2)/(M-1)
    std_mc<-sqrt(var_f1)
    var_f2<-sum((dis_payoff_T2-f2)^2)/(M-1)
    var_TAV<-(var_f1/4)+(var_f2/4)+(cov(Z,-Z)/2)
```



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

```
std_tav<-sqrt(var_TAV)
SE_MC<-std_mc/sqrt(M)
SE_TAV<-std_tav/sqrt(M)
bb_mc<-f1-((1.96*std_mc)/sqrt(M))          ##Batas bawah
MC
ba_mc<-f1+((1.96*std_mc)/sqrt(M))          ##Batas atas
MC
bb_TAV<-C_TAV-((1.96*std_tav)/sqrt(M))      ##Batas
bawah TAV
ba_TAV<-C_TAV+((1.96*std_tav)/sqrt(M))      ##Batas
atas TAV
cat("\n","harga opsi call tipe Eropa menggunakan Monte
Carlo standar =",f1,"\n")
cat("standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Monte
Carlo standar =",SE_MC,"\n")
cat("batas bawah selang kepercayaan pada Monte Carlo =
",bb_mc,"\n")
cat("batas atas selang kepercayaan pada Monte Carlo =
",ba_mc,"\n")
cat("\n","harga opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik
Antithetic Variates =",C_TAV,"\n")
cat("standar error opsi call tipe Eropa menggunakan
Teknik Antithetic Variates =",SE_TAV,"\n")
cat("batas bawah selang kepercayaan pada Antithetic
Variates = ",bb_TAV,"\n")
cat("batas atas selang kepercayaan pada Antithetic
Variates = ",ba_TAV,"\n","\n")
M<-M*10
}
}
montecarlo(Snol,K,ERt,r,t)
```

Hasil Output :

```
#####
> # Nama : Anisah Mardiah Qur'ani
> # Nim : 60600113015
> # Judul Program : Menentukan Harga Opsi Call Tipe Eropa
Menggunakan Model Black-Scholes, Simulasi Monte Carlo Standa
r dan Teknik Antithetic Variates
> # Tahun Ajaran : 2018/2019
> #####
```



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

```
> rm(list=ls(all=TRUE))
>
> MSFT<-read.csv(file.choose(),header = TRUE)    ##Pemanggil
an data
> n<-252                                          ##Jumlah da
ta
> Snol<-106.16
> K<-100
> r<-0.0225
> t<-1
> St<-data.frame(MSFT)
> Rt<-0
> for(i in 2:253) {
+   Rt[i]<-(St[i,3]-St[i-1,3])/St[i-1,3]
+ }
> ERT<-sum(Rt)/n
> cat("ERT = ",ERT,"\n")
ERT =  0.001419928
> v<-0
> for (i in 2:253) {
+   v[i]<-(Rt[i]-ERT)^2
+ }
> var<-sum(v)/(n-1)
> cat("Nilai variansi = ",var,"\n")
Nilai variansi =  0.0002171269
> vol<-sqrt(var)/sqrt(1/252)
> cat("Nilai volatilitas = ",vol,"\n")
Nilai volatilitas =  0.2339145
> #####Harga Opsi Call Tipe Eropa Menggunakan Model Black-Sc
holes#####
> blackscholes<-function(Snol,K,r,t)
+ {
+   d1<-(log(Snol/K)+((r+(var*0.5))*t))/(vol*sqrt(t))
+   d2<-d1-(vol*sqrt(t))
+   Nd1<-pnorm(d1,0,1)
+   Nd2<-pnorm(d2,0,1)
+   CBS<-(Snol*Nd1)-(K*exp(-r*t)*Nd2)
+   cat("harga opsi call tipe Eropa menggunakan model Black
Scholes =",CBS,"\n")
+ }
> blackscholes(Snol,K,r,t)
```




**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

harga opsi call tipe Eropa menggunakan model Black Scholes = 14.20281

```
> #####  
#####  
> #####Harga Opsi Call Tipe Eropa Menggunakan Simulasi Monte  
Carlo Dengan Teknik Antitethic Variates####  
> library(MonteCarlo)  
> montecarlo<-function(Snol,K,ERT,r,t)  
+ {  
+   M<-10  
+   while(M<=1000000){  
+     cat("untuk M = ",M,"\n")  
+     Z<-rnorm(M,0,1)  
+     ST1<-Snol*exp((ERT-(0.5*var))*t+vol*Z*sqrt(t))  
+     ST2<-Snol*exp((ERT-(0.5*var))*t-vol*Z*sqrt(t))  
+     payoff_T1<-0  
+     payoff_T2<-0  
+     for(i in 1:M)  
+     {  
+       payoff_T1[i]<-max(0,ST1[i]-K)  
+       payoff_T2[i]<-max(0,ST2[i]-K)  
+     }  
+     dis_payoff_T1<-payoff_T1*exp(-r*t)  
+     dis_payoff_T2<-payoff_T2*exp(-r*t)  
+     jumlah_payoff_T1<-sum(dis_payoff_T1)  
+     jumlah_payoff_T2<-sum(dis_payoff_T2)  
+     f1<-jumlah_payoff_T1/M  
+     f2<-jumlah_payoff_T2/M  
+     C_TAV<-(f1+f2)/2  
+     var_f1<-sum((dis_payoff_T1-f1)^2)/(M-1)  
+     std_mc<-sqrt(var_f1)  
+     var_f2<-sum((dis_payoff_T2-f2)^2)/(M-1)  
+     var_TAV<-(var_f1/4)+(var_f2/4)+(cov(Z,-Z)/2)  
+     std_tav<-sqrt(var_TAV)  
+     SE_MC<-std_mc/sqrt(M)  
+     SE_TAV<-std_tav/sqrt(M)  
+     bb_mc<-f1-((1.96*std_mc)/sqrt(M))          ##Batas b  
+     awah MC  
+     ba_mc<-f1+((1.96*std_mc)/sqrt(M))          ##Batas a  
+     tas MC
```



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

```
+      bb_TAV<-C_TAV-((1.96*std_tav)/sqrt(M))          ##Bat
as bawah TAV
+      ba_TAV<-C_TAV+((1.96*std_tav)/sqrt(M))          ##Ba
tas atas TAV
+      cat("\n","harga opsi call tipe Eropa menggunakan Monte
Carlo standar =",f1,"\n")
+      cat("standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Mo
nte Carlo standar =",SE_MC,"\n")
+      cat("batas bawah selang kepercayaan pada Monte Carlo =
",bb_mc,"\n")
+      cat("batas atas selang kepercayaan pada Monte Carlo =
",ba_mc,"\n")
+      cat("\n","harga opsi call tipe Eropa menggunakan Tekni
k Antithetic Variates =",C_TAV,"\n")
+      cat("standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Te
knik Antithetic Variates =",SE_TAV,"\n")
+      cat("batas bawah selang kepercayaan pada Antithetic Va
riates =",bb_TAV,"\n")
+      cat("batas atas selang kepercayaan pada Antithetic Var
iates =",ba_TAV,"\n","\n")
+      M<-M*10
+   }
+ }
> montecarlo(Snol,K,ERt,r,t)
untuk M = 10
```

```
harga opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo standar
= 19.9666
standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo s
tandar = 10.11096
batas bawah selang kepercayaan pada Monte Carlo = 0.149106
batas atas selang kepercayaan pada Monte Carlo = 39.78408
```

```
harga opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antithetic Va
riates = 19.13451
standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antith
etic Variates = 6.623272
batas bawah selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 6
.152896
batas atas selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 32
.11612
```



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

untuk $M = 100$

harga opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo standar
= 14.69727

standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo s
tandar = 2.08202

batas bawah selang kepercayaan pada Monte Carlo = 10.61651

batas atas selang kepercayaan pada Monte Carlo = 18.77803

harga opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antithetic Va
riates = 14.54115

standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antith
etic Variates = 1.413002

batas bawah selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 1
1.77167

batas atas selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 17
.31064

untuk $M = 1000$

harga opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo standar
= 14.78625

standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo s
tandar = 0.6068065

batas bawah selang kepercayaan pada Monte Carlo = 13.59691

batas atas selang kepercayaan pada Monte Carlo = 15.97559

harga opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antithetic Va
riates = 14.6885

standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antith
etic Variates = 0.4349833

batas bawah selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 1
3.83594

batas atas selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 15
.54107

untuk $M = 10000$

harga opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo standar
= 14.50178



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo s
tandar = 0.1942193

batas bawah selang kepercayaan pada Monte Carlo = 14.12111

batas atas selang kepercayaan pada Monte Carlo = 14.88245

harga opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antithetic Va
riates = 14.61238

standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antith
etic Variates = 0.1376306

batas bawah selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 1
4.34263

batas atas selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 14
.88214

untuk M = 1e+05

harga opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo standar
= 14.69886

standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo s
tandar = 0.06191691

batas bawah selang kepercayaan pada Monte Carlo = 14.5775

batas atas selang kepercayaan pada Monte Carlo = 14.82022

harga opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antithetic Va
riates = 14.69801

standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antith
etic Variates = 0.04368085

batas bawah selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 1
4.6124

batas atas selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 14
.78363

untuk M = 1e+06

harga opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo standar
= 14.69786

standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Monte Carlo s
tandar = 0.01962492

batas bawah selang kepercayaan pada Monte Carlo = 14.65939

batas atas selang kepercayaan pada Monte Carlo = 14.73632



**TIM VALIDASI PROGRAM STUDI
MATEMATIKA
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar**
Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36, Romang Polong, Gowa. Telp:(0411) 8221400

harga opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antithetic Variates = 14.71925
standar error opsi call tipe Eropa menggunakan Teknik Antithetic Variates = 0.01386564
batas bawah selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 14.69207
batas atas selang kepercayaan pada Antithetic Variates = 14.74642

BIOGRAFI



Anisah Mardiah Qur'ani, akrab dipanggil Anis atau Nisa, lahir di Bogor, pada tanggal 15 Agustus 1995. Anak kedua dari 4 bersaudara, pasangan Bayu Asmara Widayanto dengan Aida M. Siri. Memasuki jenjang pendidikan di SD Negeri Sukmajaya V Depok pada tahun 2001, pindah ke SDIT Ar-Rahmah Makassar pada tahun 2004 dan lulus pada tahun 2007. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 24 Makassar dan lulus pada tahun 2010. Pada tahun yang sama pula, penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 01 Makassar dan lulus pada tahun 2013. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi di Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Matematika. Atas rahmat Allah swt., penulis berhasil menyelesaikan studi dengan judul skripsi “Harga Opsi Tipe Eropa Menggunakan Simulasi Monte Carlo Standar dan Teknik *Antithetic Variates*”